Muutuva õhuvooluhulgaga süsteemi rakendused

Tallinn 24.10.2019

Harri Itkonen

Halton

Sisu

- Muutuva vooluhulgaga ventilatsioonisüsteemi rakendused
  - Multifunktsionaalse kontoriplaani lahendused
  - Hõivatuse määr vs. nõuded ventilatsioonile
- Kohandamisnõuded
- Muutuva vooluhulgaga süsteemi rakendused
- Ruumi juhtimine
  - Õhuvoolu juhtimine
    - Rõhust sõltumatu juhtimine
    - Rõhust sõltuv juhtimine
- Õhk-vesi rakendused
- Õhk-õhk rakendused
- Tsooni juhtimine
  - Pidev õhukanali rõhk
- Tootevaliku ülevaade



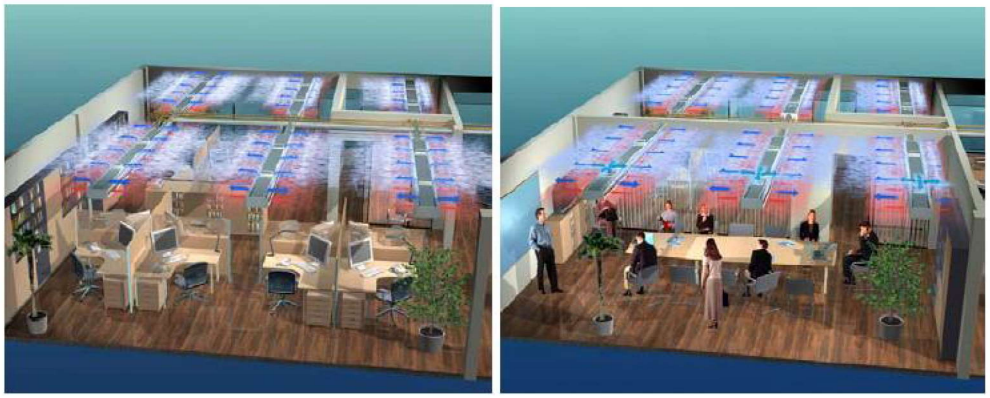




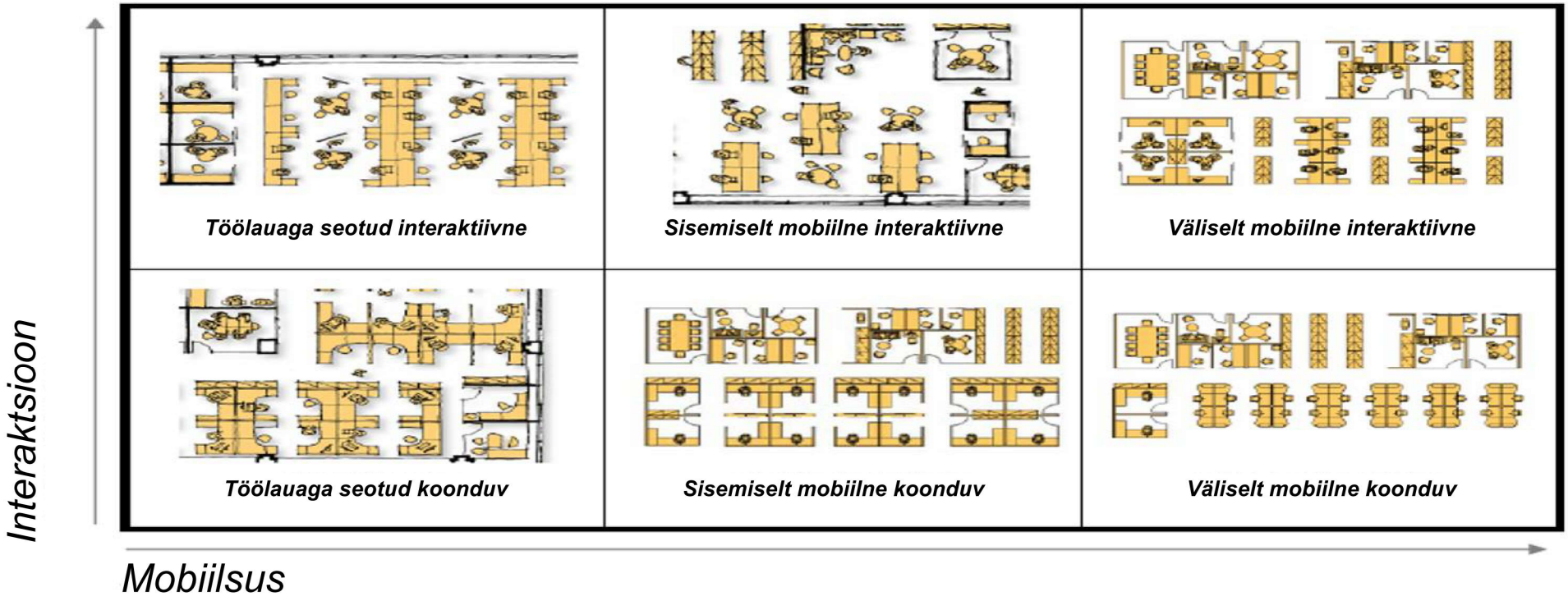
Sisu



- Kontori töökoha disain
  - Multifunktsionaalse kontoriplaani kontseptsioonid
  - Hõivatuse määr vs. nõuded ventilatsioonile
- Kohandamisnõuded
- Muutuva vooluhulgaga süsteemi rakendused
- Ruumi juhtimine
  - Õhu kvaliteedi ja soojusliku mugavuse regulee
  - Õhuvoolu juhtimine
    - Rõhust sõltumatu juhtimine
    - Rõhust sõltuv juhtimine
- Õhk-vesi rakendused
- Õhk-õhk rakendused
- Tsooni juhtimine
  - Pidev õhukanali rõhk
- Tootevaliku ülevaade



Töökohad vastavalt interaktiivsuse ja mobiilsuse vajadustele



Kontoritöö muutub pidevalt: paigutuse muutuvus on väga suur. Ruumid peavad olema kohandatavad uute olukordade jaoks ilma suurte ümberpaigutuskuludeta.

Hõivatusaste sõltub töö liigist.



Keskmise hõivatuse osas on suuri erinevusi, kuid üldjuhul on hõivatus vähene.

Ventilatsiooni õhuvooluhulgad vastavalt standardile EN 15251

Meetod, mis põhineb ruumi kasutajatelt ja ehitusmaterjalidest pärinevatel saasteainetel.

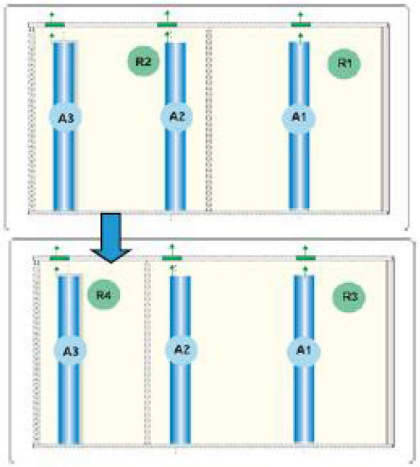
Ventilatsiooni soovituslike õhuvooluhulkade näited mitteeluruumide puhul

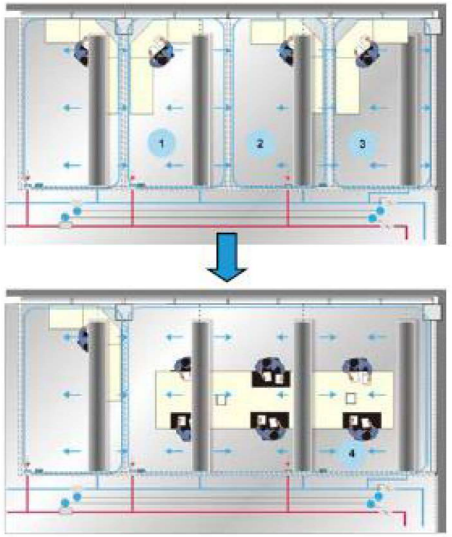
Hoone	Materjalidest eralduvad saasteained >>>>>>>>			Väga vähese saasteainete eraldumisega hoone		Vähese saasteainete eraldumisega hoone		Mittevähese saasteainete eraldumisega hoone	
Hoone tüüp	Kategooria	Põranda pindala	Ventilatsiooni õhuvooluhulk / hõivatus	Ventilatsiooni õhuvooluhulk / ehitusmaterjalid	Kokku	Ventilatsiooni õhuvooluhulk / ehitusmaterjalid	Kokku	Ventilatsiooni õhuvooluhulk / ehitusmaterjalid	Kokku
		m^2/inim.	l/s/m^2	l/s/m^2	l/s/m^2	l/s/m^2	l/s/m^2	l/s/m^2	l/s/m^2
Vaheseintega eraldatud kontor	I	10	1,0	0,5	1,5	1,0	2,0	2,0	3,0
	II	10	0,7	0,3	**1,0**	0,7	**1,4**	1,4	2,1
	III	10	0,4	0,2	0,6	0,4	0,8	0,8	1,2
Avatud kontor	I	15	0,7	0,5	1,2	1,0	1,7	2,0	2,7
	II	15	0,5	0,3	**0,8**	0,7	**1,2**	1,4	1,9
	III	15	0,3	0,2	0,5	0,4	0,7	0,8	1,1
Konverentsi-ruum	I	2	5	0,5	5,5	1,0	6,0	2,0	7,0
	II	2	**3,5**	0,3	**3,8**	0,7	**4,2**	1,4	4,9
	III	2	2	0,2	2,2	0,4	2,4	0,8	2,8
Auditoorium	I	0,75	15	0,5	15,5	1,0	16	2,0	17
	II	0,75	10,5	0,3	10,8	0,7	11,2	1,4	11,9
	III	0,75	6	0,2	6,2	0,4	6,4	0,8	6,8

Uue õhuvooluhulga kiirus 7,5 l/s/m^2 >>>>>>>>>> 7,8....8 l/s/m^2

Kohandatavusnõuded

- Kontoriruumi paigutuse muudatused
  - Võimalikud ruumimoodulite suurused, vaheseinte asukoht
- Ruumijaotusprogramm muutub kontoripinna ja koosolekuruumide vahel
  - Võimalike koosolekuruumide asukoht
- Jahutuskoormuse kohandamine
  - koormuse suurenemise välis- ja sisetsoonid (sisemised koormused, hõivatusaste)
- Ventilatsiooni õhuvooluhulga kohandamine
  - Hõivatusastme muutused
- Tõhus energiakasutus
  - Suurepäraste siseõhutingimuste säilitamine







Optimeeritud tsoonid, mis integreerivad erinevaid ruume

Paindlikkus
Siseõhu kvaliteet
Energiasääst

Pideva madalrõhu tsooni süsteem

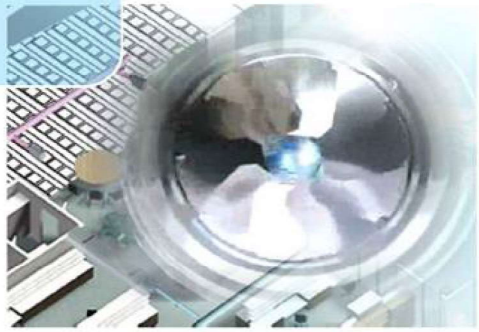
- konstantset ja muutuva õhuvoolu kombineerivad tsoonid
- püsiv tsoonirõhk (50 Pa ... 100 Pa)
- rõhumuutuse kompenseerimine tsooni juhtimisklappidega

Muutuva õhuvooluga süsteem

- muutuva õhuvooluga tsoonid
- muutuv tsoonirõhk (100 Pa
- rõhumuutuse kompenseerimine ruumi lõppelementidega

Tasakaalustatud süsteem

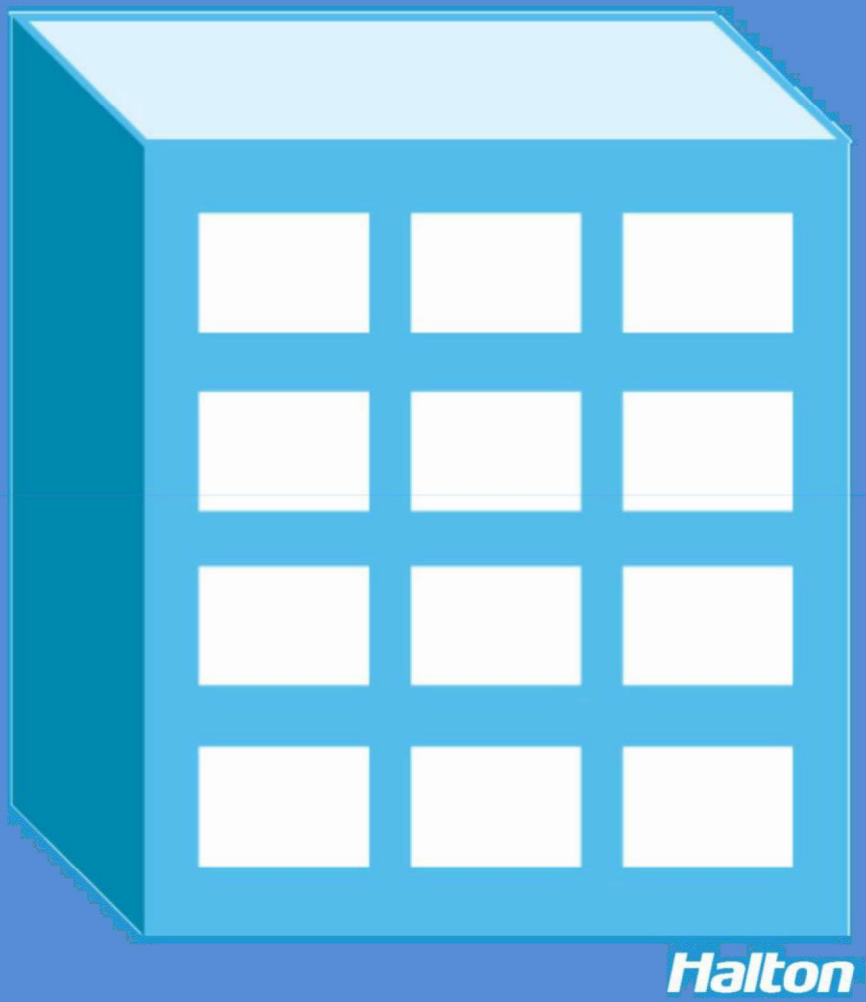
- konstantse õhuvooluga tsoonid
- rõhu kompenseerimist ei toimu
- proportsionaalselt tasakaalustatud süsteem koos reguleerimisklappidega



Süsteemi omadused

ÕHK-ÕHK-JA ÕHK-VESI ÕHUKONDITSIONEERI RAKENDUSED

Õhujaotustorustik
Veevoolu juhtimine

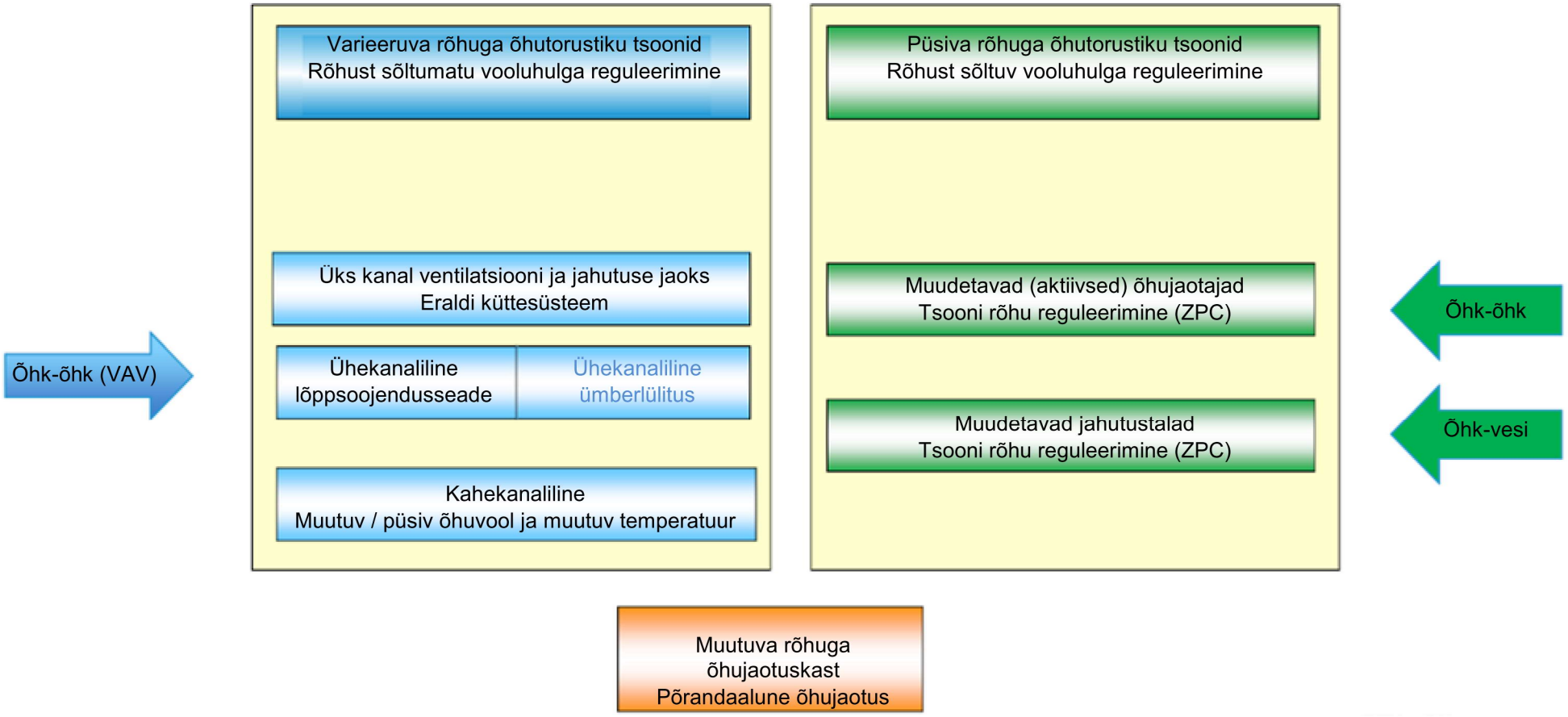


Õhk-õhk konditsioneerimissüsteemi ehitus

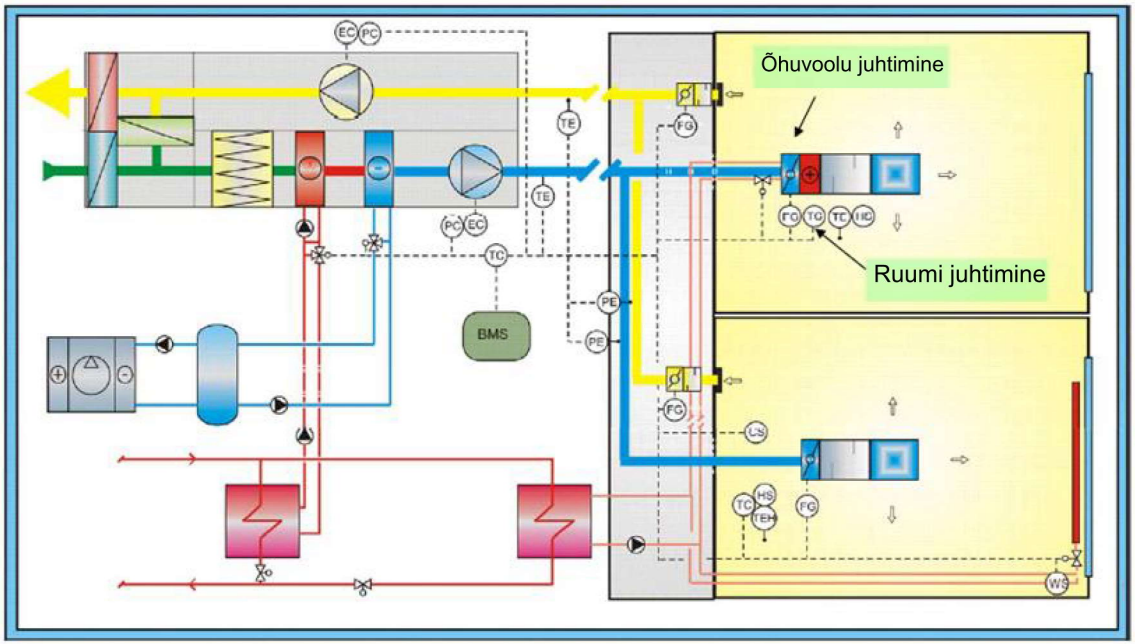
- Ventilaatori rõhu reguleerimine
- Ventilaatori rõhuanduri asukoht
- Sissepuhkeõhu temperatuuri reguleerimine
- Kontrolltsooni suurus
- Mitmekesine disain
- Disaini kontroll-loend



Muutuva õhuvooluga süsteemi kontseptsioonid

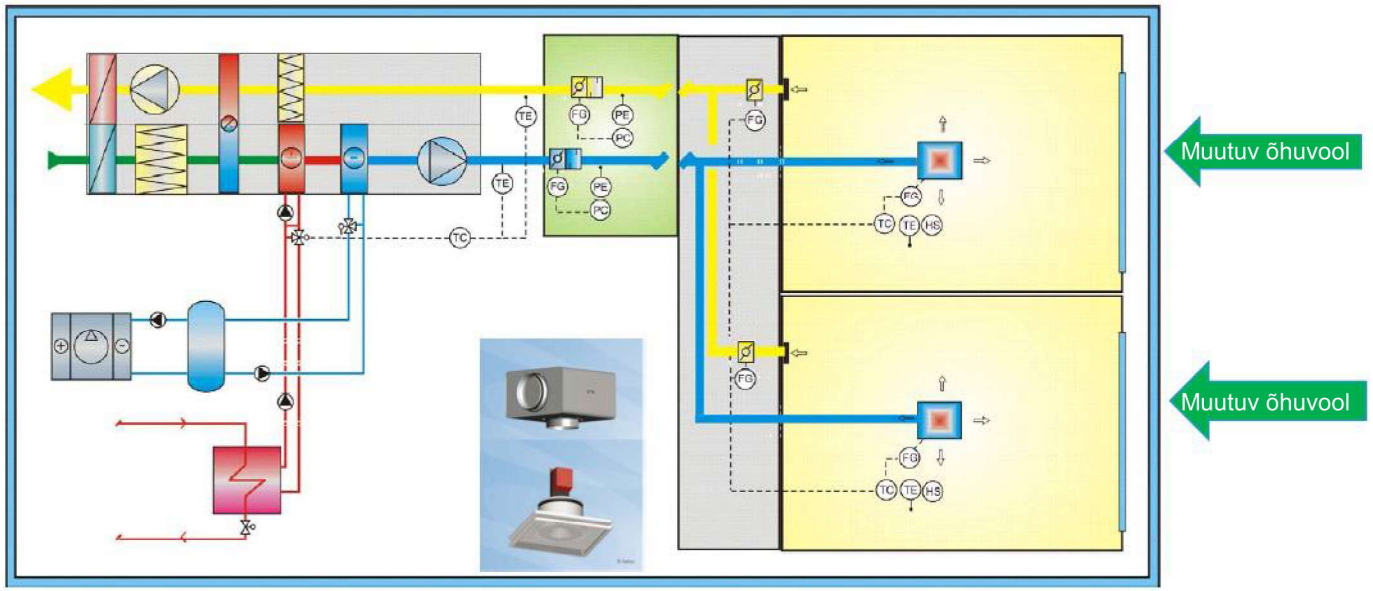


Ühe kanaliga VAV koos lõppsoojendusseadmega ja ilma



s

Muutuv õhuvool muudetavate õhujaotajate ja tsoonikanali rõhu juhtimisega



Ventilaatori rõhu reguleerimine

Liigse rõhu vältimine madala koormuse korral

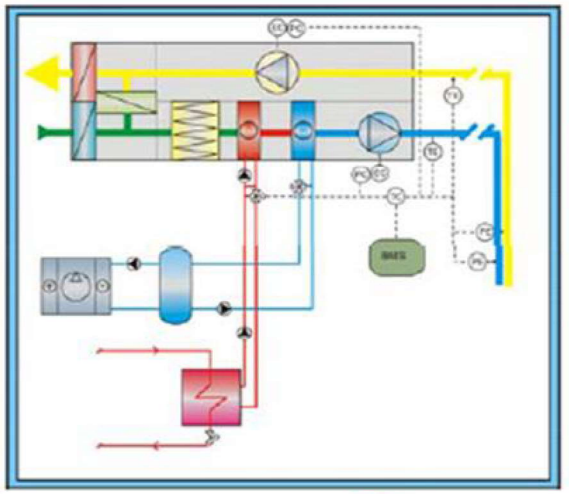
- Saavutate energiasäästu
- Väldite suure müürataseme tekitamist

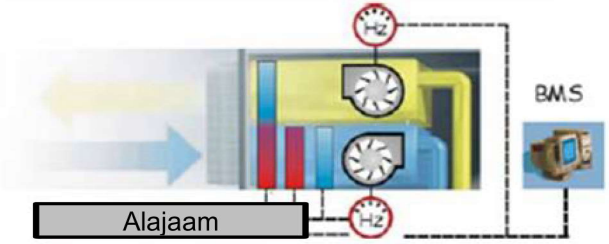
Ventilaatori kiiruse juhtimine, kasutades nt sagedusmuundureid

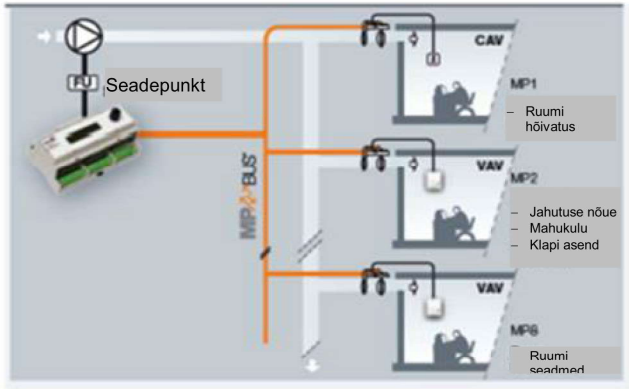
- Kanali rõhutingimusi näitav rõhuanduri asukoht

Ventilaatori kiiruse optimeerimine ventilaatori optimeerijate ja sagedusmuundurite abil

- Kanali rõhutingimusi näitav rõhuanduri asukoht



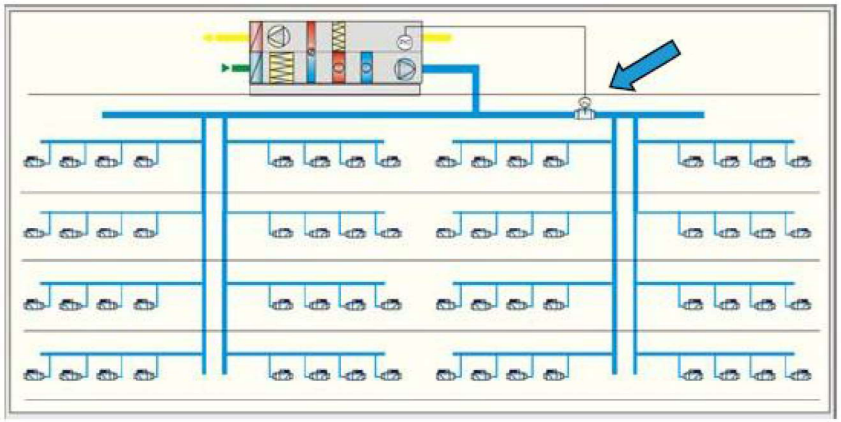


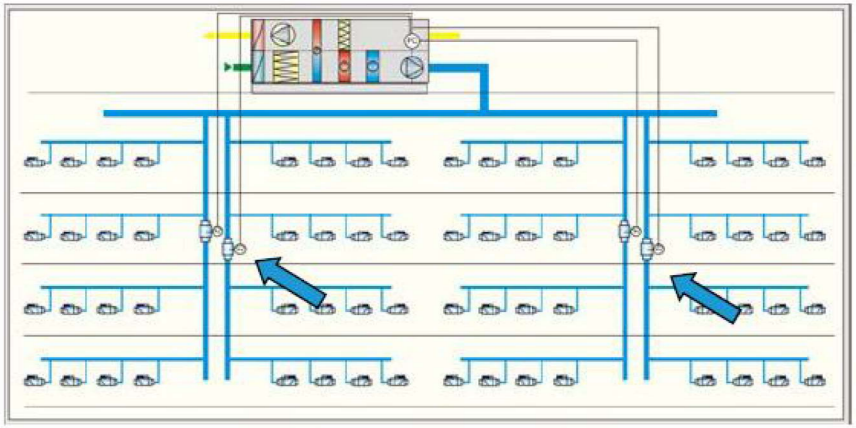


Ventilaatori rõhuanduri asukoht

Vältige liiga suurt rõhku
Rõhu mõõtmisnäidud esindavad kanali rõhutingimusi kogu õhutorustikus.

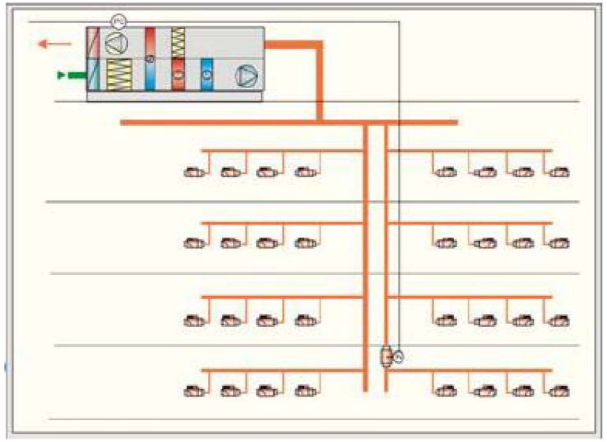
- Ei ole tundlik lokaalsete õhuvoolu muutuste suhtes õhutorustiku sektsioonides
- Häireteta voolutingimused> Stabiilne staatiline rõhk >> juhtimisparameetrite häälestamine





- Rõhk on tavaliselt kõrgem, kui hinnanguline ohutusmarginaal on suurem, kuna rõhuandur asub ventilaatorile lähemal.

Rõhuanduri asukoht väljalaskekanalis: õhutorustiku lõpus, et tagada väljalaskekiirus negatiivse rõhu korral.



Sissepuhkeõhu temperatuuri reguleerimine

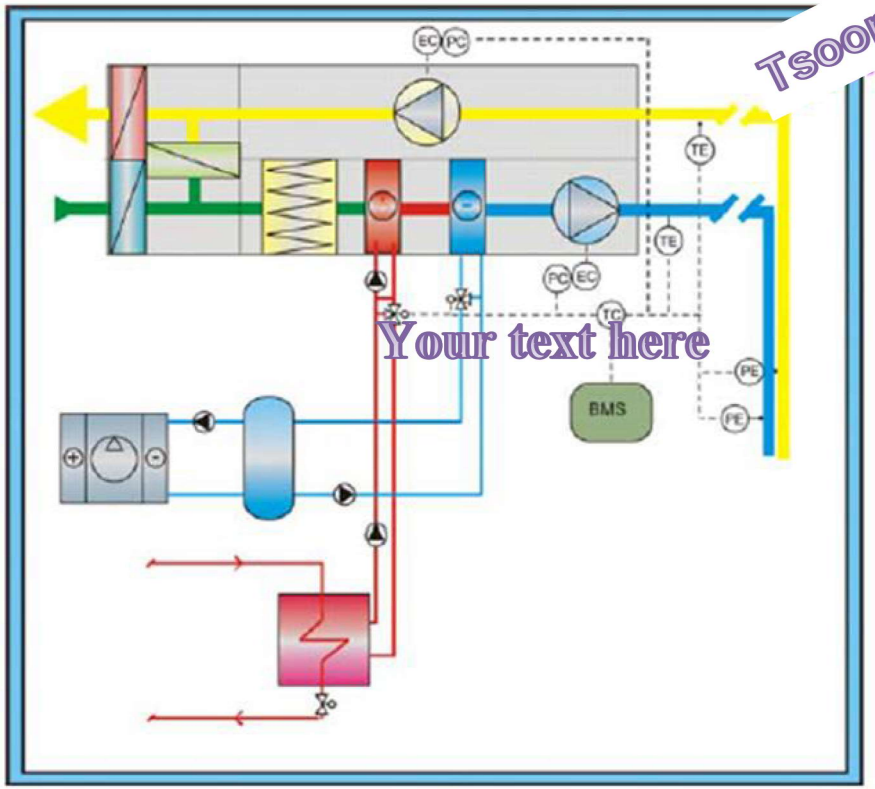
Sissepuhke- ja ruumiõhu temperatuuri erinevus
- 6 ... 8 ^{O}C segunev õhuvahetus, madal soojuskoormus
- 8 °C...10 ^{O}C segunev õhuvahetus , mõõdukas soojuskoormus
- 10 °C...12 °C segunev õhuvahetus , suur soojuskoormus
- 3...4 °C tõrjuv õhuvahetus, mugavusrakendused
- 4...8 °C tõrjuv õhuvahetus, tööstuslikud rakendused
- 2...3 °C põrandaalune õhujaotus, teatrites jne

Ühe kanaliga muutuva õhuvooluhulgaga ventilatsioonisüsteem (VAV) koos lõppsoojendusseadmega
- Sissepuhkeõhu temperatuuri väiksed muutused, nt 15...20 °C
- Sissepuhkeõhu temperatuur lähtestatakse hooajaliselt või sõltuvalt välisõhu temperatuurist
- Kompenseerimine väljatõmbeõhu või ruumi keskmise temperatuuri järgi

Ühe kanaliga VAV-süsteem ümberlülitusega
- Sissepuhke õhu temperatuurimuutus hooajaliselt, nt:
- 15...20 °C >> 25...35 °C

Kahe kanaliga VAV
- Püsiv sissepuhkeõhu temperatuur mõlemas kanalis
- Külm kanal, nt 15 °C
- Soe kanal, nt 35 °C

Kas sama sissepuhkeõhu temperatuur kehtib kõigis ruumides?
- Vajadusel soojendage / jahutage mähiseid eraldi tsoonide jaoks



Otsustage pealevoolu temperatuuri juhtimise varieerumine vastavalt koormustingimustele / välistingimustele / aastaajale.

Juhtimistsooni suurus

Juhtimistsooni suurus

* **Ruumipõhine juhtimine**
- Individuaalsed tingimused

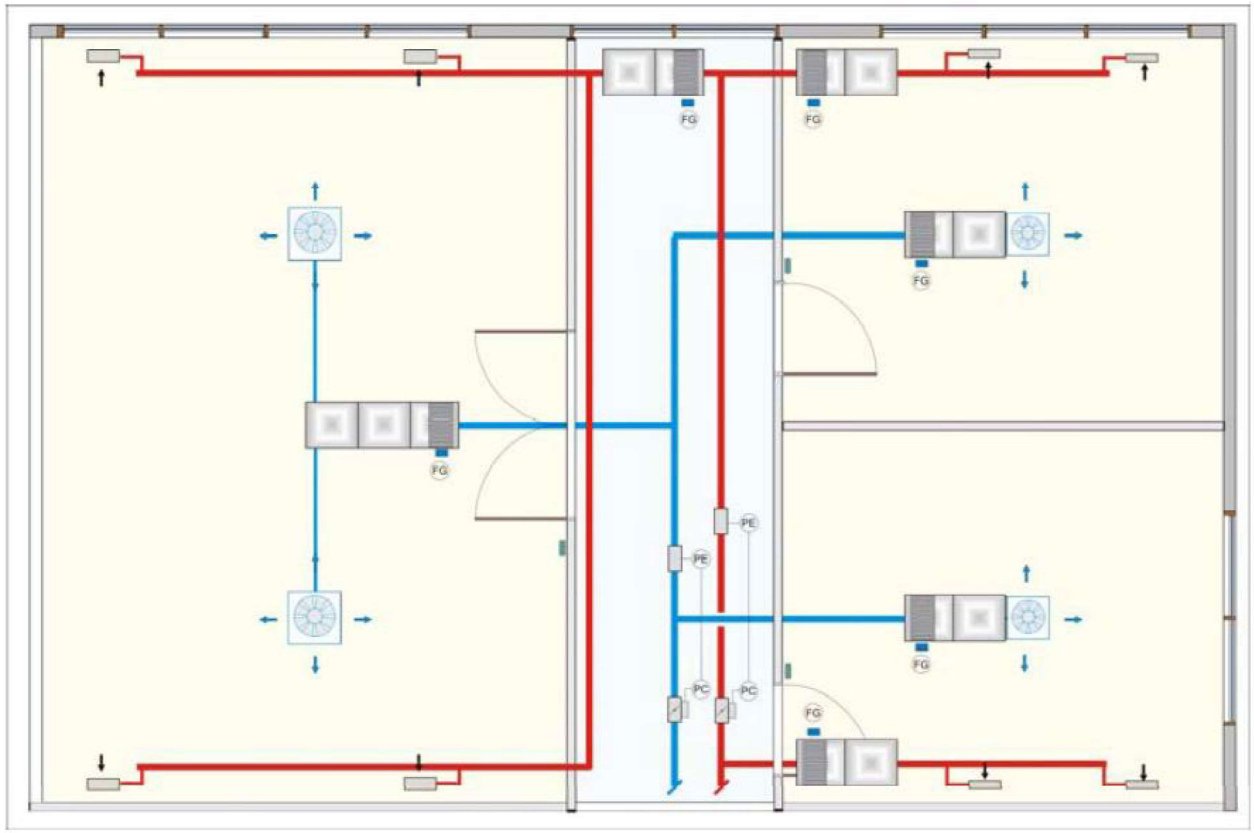
* **Paindlikkus paigutusmuudatuste suhtes**
- Väiksemad moodulid tagavad suurema paindlikkuse

* **Ühtlane/ebaühtlane koormusprofiil**
- Samal fassaadil asuvad avatud kontorid võimaldavad suuremaid mooduleid

* **Sissepuhkeõhu ja väljalaskeõhu tasakaal**

* **Mõju kuludele**

Täieliku paindlikkuse saavutamiseks:
* igal ruum/töökoht eraldi juhtimistsoonina



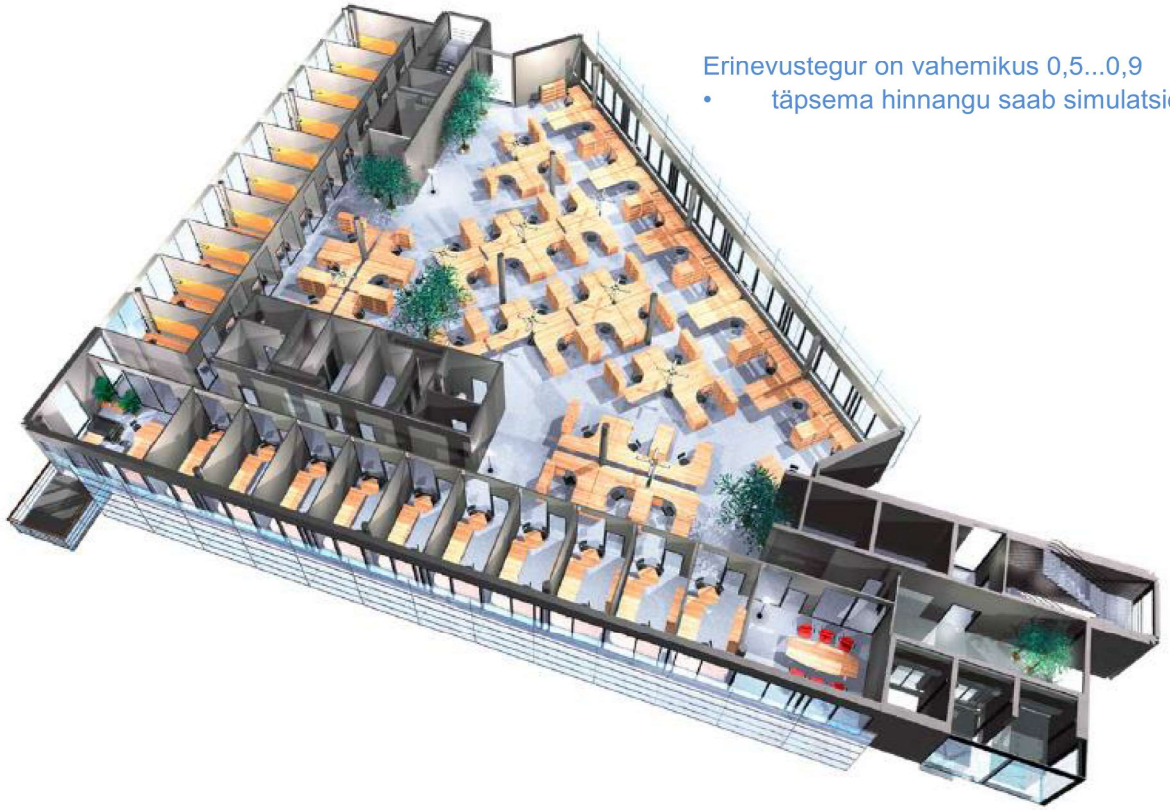
Mitmekesine disain

Tippkoormuste erinevus

- Tippkoormuste samaaegne esinemine hoone erinevates osades, mida mõjutab
- päikesesoojuse erinev lisandumine
- hõivatuskoormuste erinev ja muutuv tase

Disaini aspektid

Tuleb otsustada, kas mitmekesisus mõjutab harukanalite/peakanalite/õhukäitlusseadmete/jahutite koormusthoone eri osades, mida mõjutab

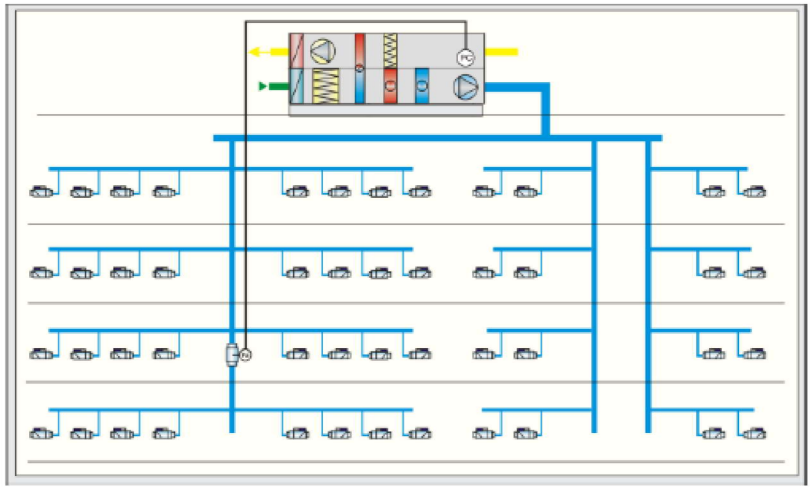


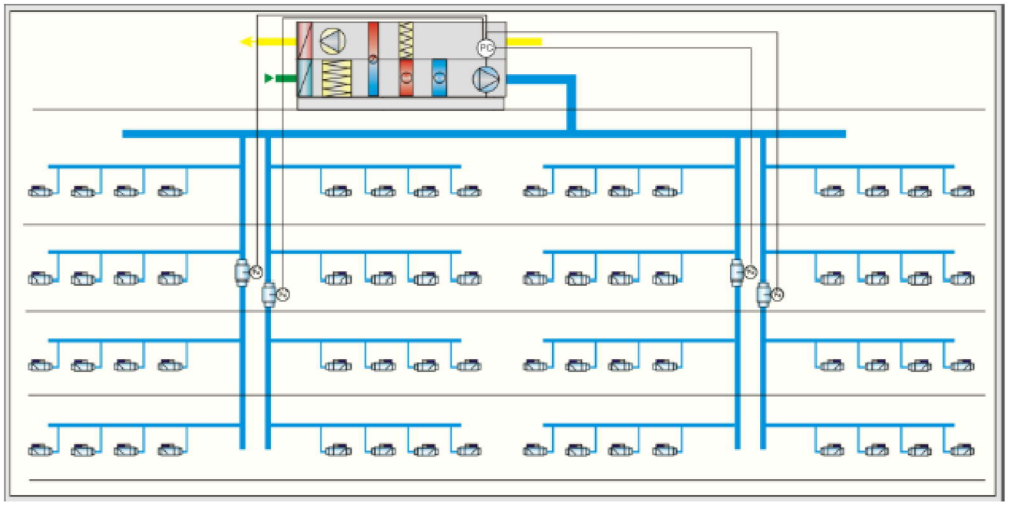
Erinevustegur on vahemikus 0,5...0,9

- täpsema hinnangu saab simulatsioonitarkvara abil

Ventilaatori rõhuregulaatori rõhuanduri asukoht

- Muutuva vooluhulgaga süsteem on varustatud ventilaatori rõhuregulaatoriga, mis aitab säilitada õhukanalis püsivad ja stabiilsed rõhutingimused.
- Rõhuandur asub kogu süsteemi kajastavas kohas
- Valikuliselt võib kasutada mitut andurit, kõige nõudlikumat kasutatakse reguleerimiseks





Püsiva rõhuga õhutorustiku tsoonid

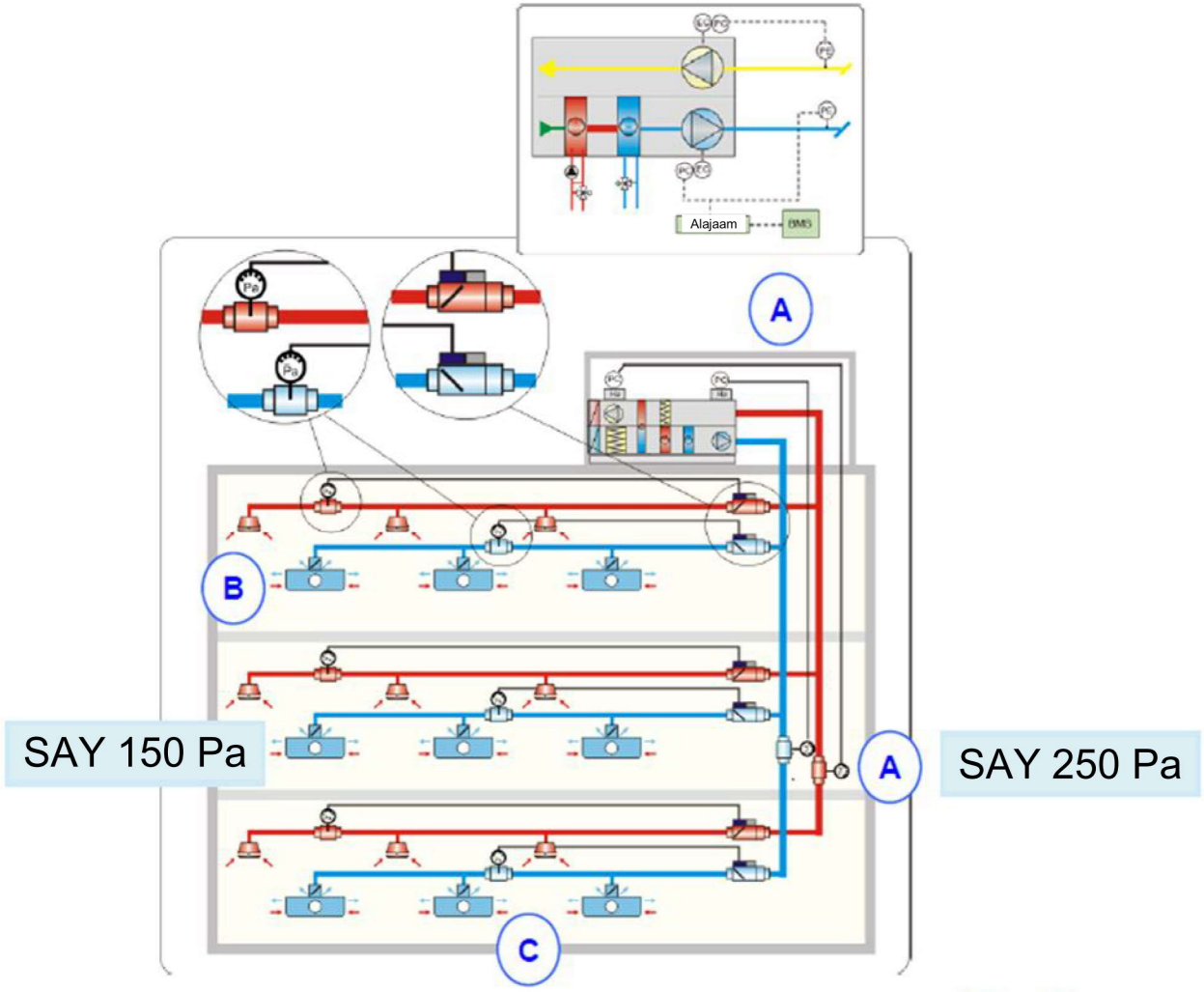
Eesmärk: ventilatsioonitaseme paindlikkus
- kontoripindade ja koosolekuruumide asukohad muutuvad
- eluaegne kohandatavus erinevatele koormustingimustele

- nõuetekohased töötingimused on tagatud, kasutades samas õhutorustikus järgmisi kombinatsioone:
    - jahutustalad rõhust sõltuva muutuva vooluhulgaga
    - konstantne vooluhulk samades õhutorustiku sektsioonides
    - aktiivsed õhujaotajad

- lõppelementide individuaalse õhuvooluhulga sage reguleerimine
    - õhutorustikku pole vaja tasakaalustada

- rõhu juhtklapid võimaldavad tsoonides ventilatsiooni reguleerida vastavalt kohalikule tööajale, panustades sellega energiasäästu

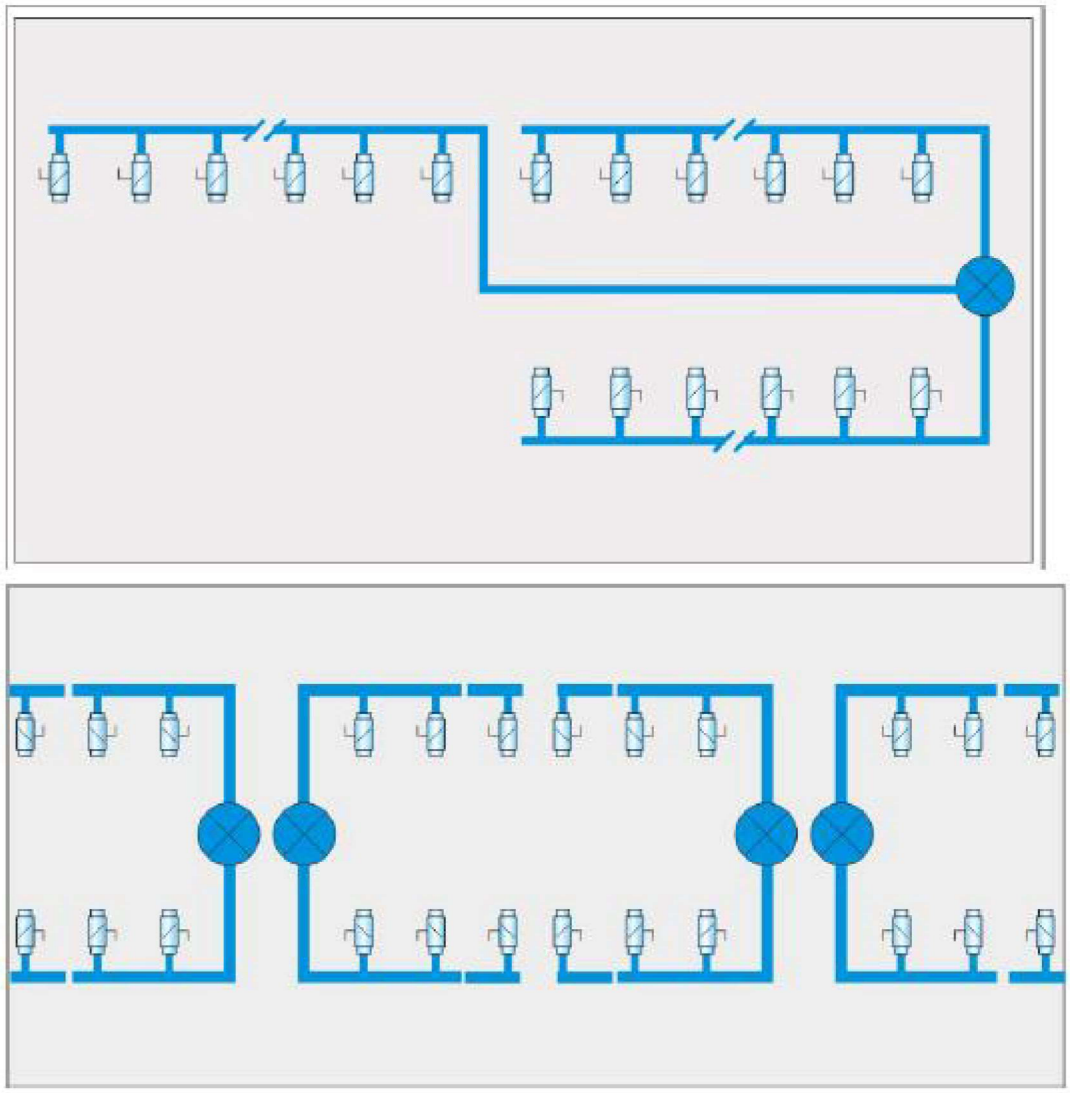
Lahendus
- A Ventilaatori rõhutõusu reguleerimine
- B Püsiva rõhuga õhutorustiku tsoonid
- C Peamiselt üht (/ piiratud) tüüpi jahutustalad
    - süsteemi ühtlustatud tööparameetrid



Kanali disain; sümmeetriline topoloogia

Sümmeetriline topoloogia

- nõutavate rõhutasemete optimeerimine
  - energiatõhusus
  - akustilised tingimused
  - kasutuselevõtmine
- geomeetriliselt
- mis veelgi olulisem: aerodünaamiliselt
  - suurima rõhu vajadusega haru määrab süsteemi rõhutaseme
  - teised harud kohandatakse õhuvoolu drosseldamisega
- õhutorustiku jaotus sümmeetrilisteks sektsioonideks
  - kõikjal sama rõhukadu
  - pikemad harud > suuremad kanalid võrdse rõhutaseme saavutamiseks sektsioonides.



Kanalite ehitus; kanalite kiirused

Peamised sissepuhkeõhukanalid

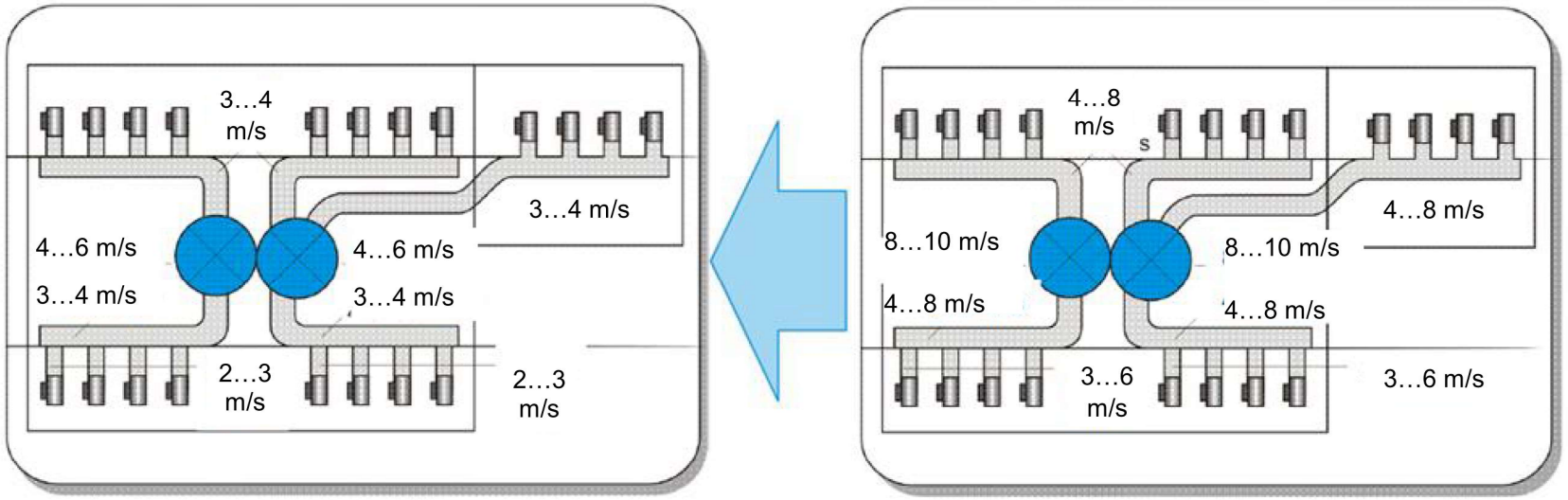
- Võrdse hõõrdumise meetod
- Hõõrdekaod vahemikus 0,8...1,2 Pa/m energiatõhusa töö korral.

Sissepuhkeõhu põhiharu kanalid

- Staatilise tagastuse meetod
- Eesmärk: sama staatiline rõhk kanali lahknevate harude vahel.
- Kanali suurust ei vähenda õhuvooluhulga vähenemine hargnevates T-harudes,

Väljalasketorustik

- võrdse hõõrdumise meetod; 0,8...1 Pa/m hõõrdekao korral



Madala rõhuga (kiirusega) õhutorustik

Suure rõhuga (kiirusega) õhutorustik

Soovitatav

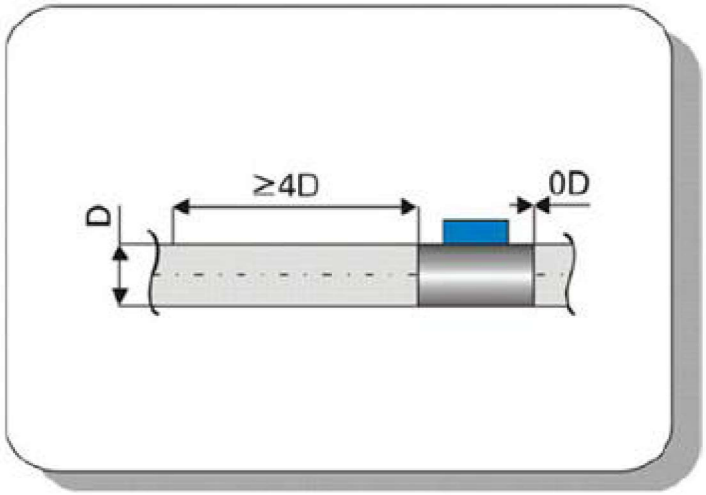
Probleemid müratasemega

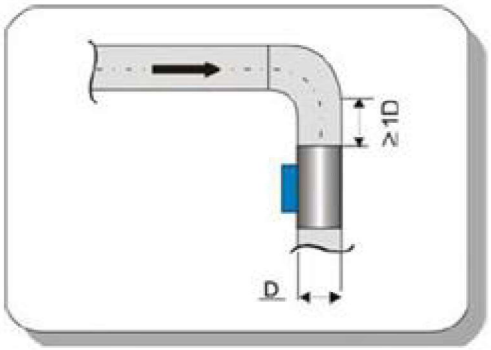
Ohutuskaugused

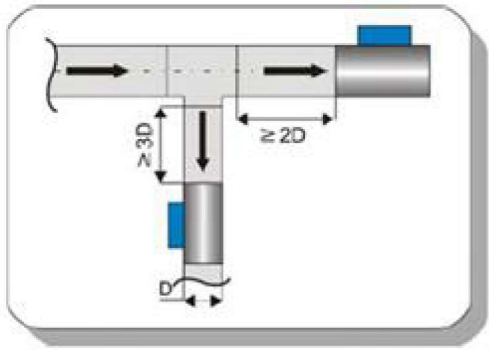
Õhuvooluhäired, näiteks kanali kõverused, T-harud, müra summutajad (väljalaskeõhk!) jmt õhuvoo reguleerimisklapist ülesvoolu põhjustavad turbulentsi ja ebaühtlast voolu ning sellest tulenevalt mõõteväärtuse ebatäpsust ja kõikumist.

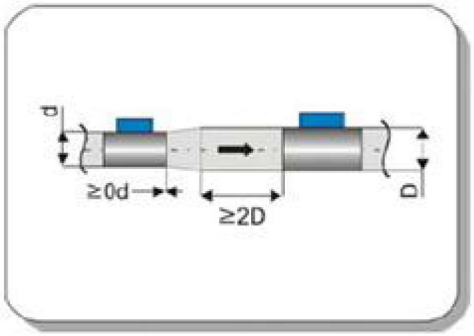
Minimaalsed ohutuskaugused vooluhäirete ja õhuvoolu reguleerimisklapi vahel

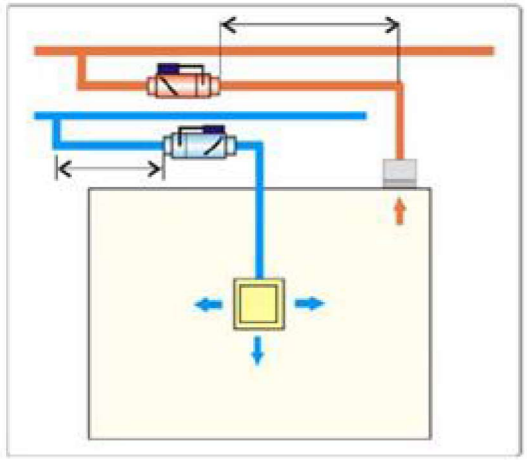
Soovitus











Disainiandmete näide

- Näidis-konverentsiruum / EN 15251 II klass

Tegur		**Ühik**	
Välistemperatuur	**Talv**	°C	**-8**
Kuivtermomeetri temperatuur õues	**Suvi**	°C	**30**
Märgtermomeetri temperatuur õues	**Suvi**	°C	**21**
Siseõhu temperatuur	**Talv / suvi**	°C	**20 / 26**
Hõivatus		m^2 / inimene	**2**
Valgustus		W / m^2	**25**
Seadmed		W	**300**
Saasteainete koormused	**täpsustatakse**	mg/s	
Sissepuhkeõhu temperatuur	**Talv / suvi**	°C	**20 / 18**
Sissepuhkeõhu hulk		l/s/m^2	**0,7...4,2**

Disaini kontroll-loend 1

Etapp	Teema	Märkus
Sihttasemed Disainiandmed	Sisekliima tingimused Soojuskoormus, saasteainete koormus	Kontrollparameetrid Müratasemed
Esialgne disain	Ruumi programm Tööaeg	Õhukäitlusseadme teeninduspiirkonnad
	Ruumi eraldamine	Seadmeruumid Šaht Lae tühimikud
	Õhuvoolu juhtimise põhimõte	Rõhust sõltumatu Rõhust sõltuv Püsiv kanalirõhk
	Sissepuhke- ja väljalaskeseadmed Õhutorustiku paigutus	
Õhuvooluhulgad	Minimaalsed õhuvooluhulgad Maksimaalsed õhuvooluhulgad	Hügieen Temperatuuri kontroll Saasteainete kontroll
Kanali disain	Energiatõhusus Mitmekesisus ja reservid koormuse suurenemise puhuks Hooldus Müra arvutused	Sümmeetriline paigutus, tihendatus Põhikanali suurus Puhastamise juurdepääs Kontrollige müratasemed max ja min õhuvooluhulkadega

Disaini kontroll-loend 2

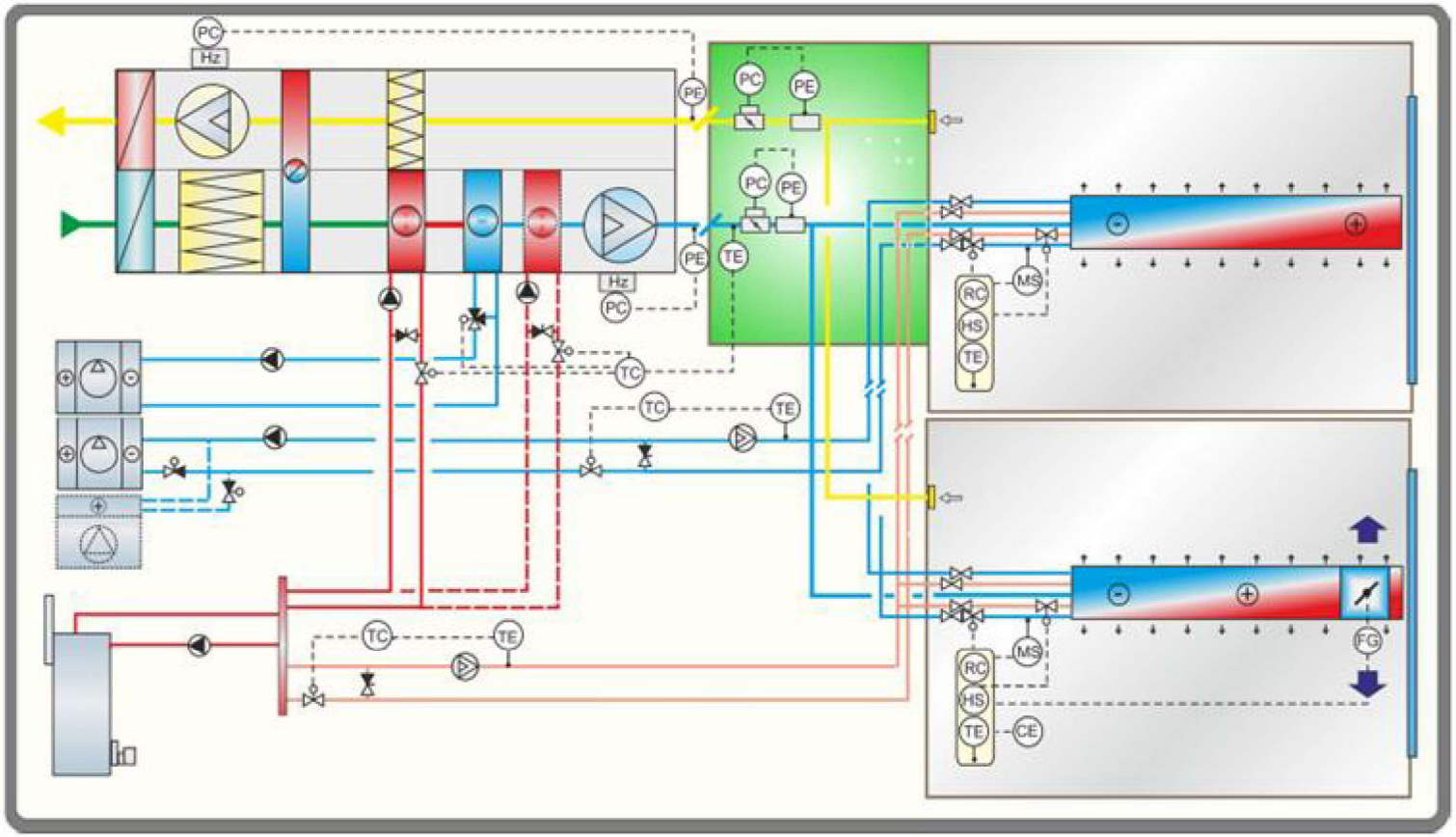
Etapp	Teema	Märkus
Ruumi õhu konditsioneerimine	Ruumi kontroller	Kontrollparameetrid Integreerimine BMS kommunikatsioonisüsteemiga
Klapi valimine	Tüüp ja suurus Müra summutamise vajadus	Lekkekindla sulgemise funktsioon Max ja min õhuvooluhulk Õhus leviv / kiirguv heli
	Valikud	Eelsoojendi Müra summuti
Õhu hajutamine	Õhujoa pikkus kasutades min õhuvooluhulka	
Õhukäitlusseade, jahutid	Mitmekesisuse tegur Koormuse suurenemisega arvestamine Ventilaatori rõhu reguleerimine	Rõhuanduri asukoht

Õhk-vesi konditsioneerimissüsteemi ehitus

- Ventilaatori rõhu reguleerimine
- Ventilaatori rõhuanduri asukoht
- Sissepuhkeõhu temperatuuri reguleerimine
- **Jahus vooluvee temperatuur**
- **Jahutustalaseadme asetsemine**
- Juhtimistsooni suurus
- Mitmekesine disain
- Disaini kontroll-loend



Õhk-vesi kliimasüsteem muudetavate jahutustaladega ja tsooni kanalirõhu reguleerimisega



Muutuv õhuvool

Jahutustalade õhuvooluhulk

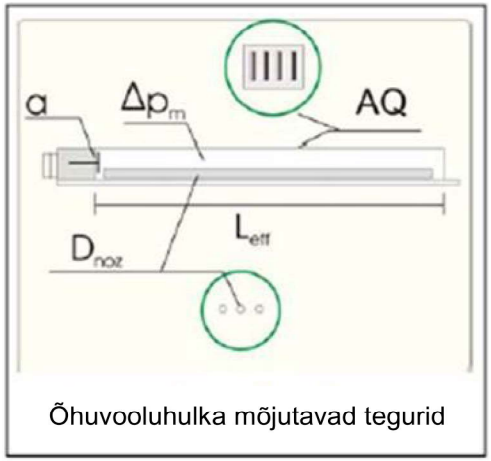
- **Õhuvooluhulka mõjutavad järgmised parameetrid**

Omadused

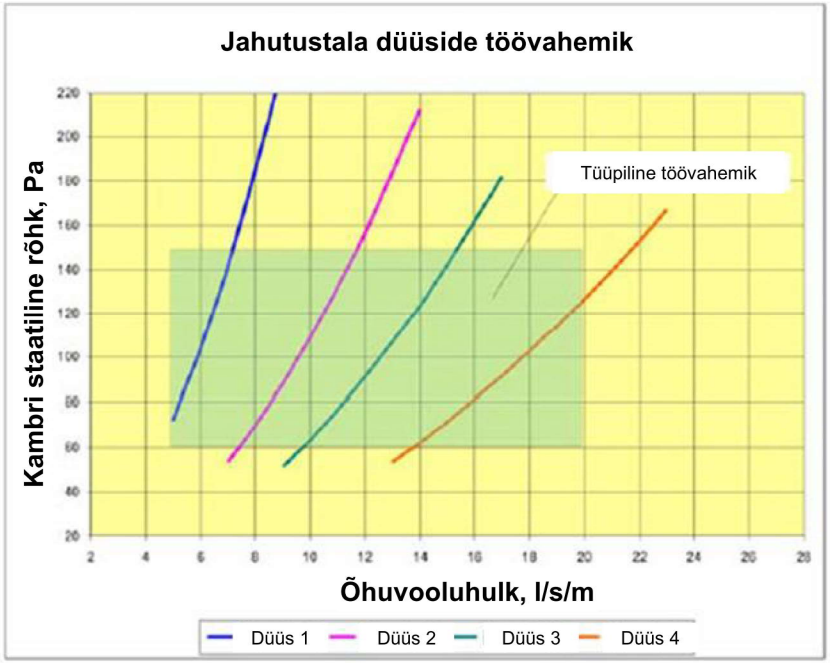
- Efektiivne pikkus, L_{eff} (CCC/A-3300-2400+AQ 7)
- Düüsi suurus, D_{noz} (CCC/A-3300-2400 +AQ 7)

Reguleerimine ja tööväärtused

- Haltoni õhukvaliteedi juhtseadme reguleerimise asend, AQ (CCC/A-3300-2400 + AQ 7)
- Jahutustala kambri rõhk, Δp_m
- Reguleerimismooduli reguleerimisasend (MSM)

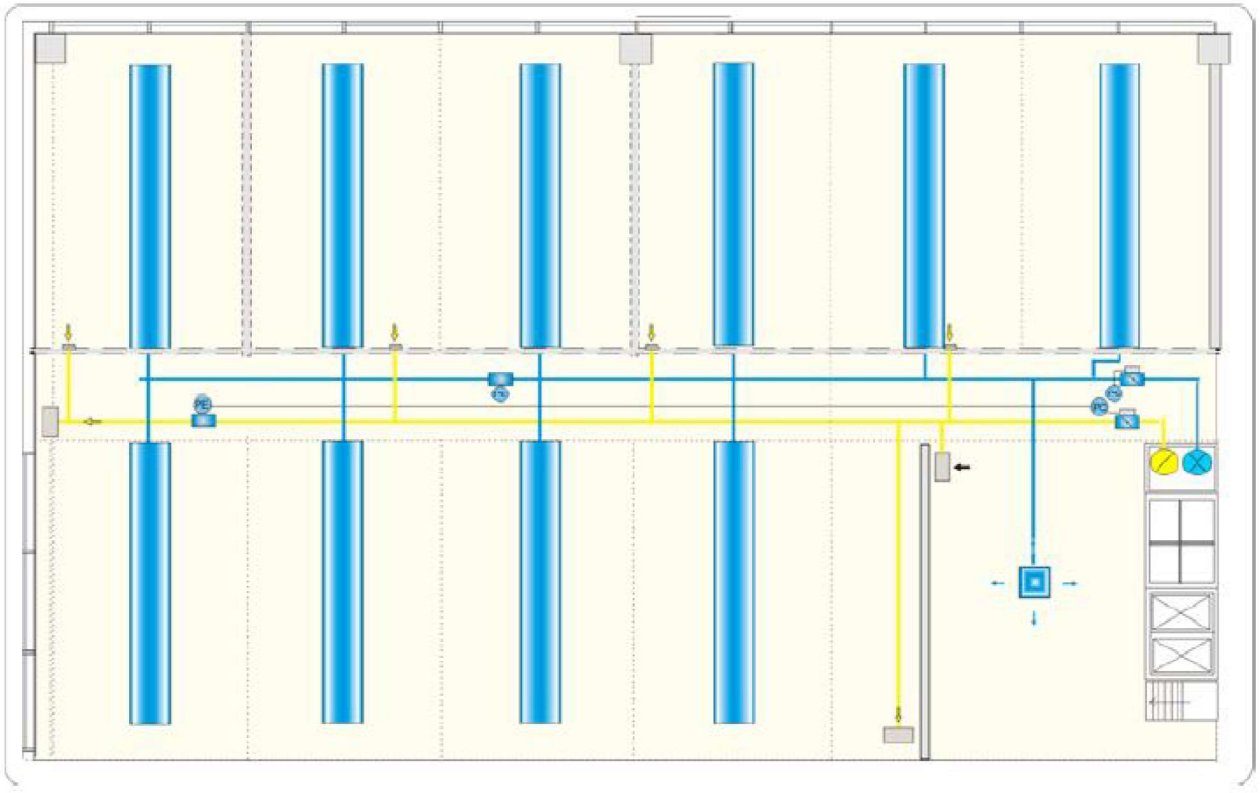


Õhuvooluhulka mõjutavad tegurid



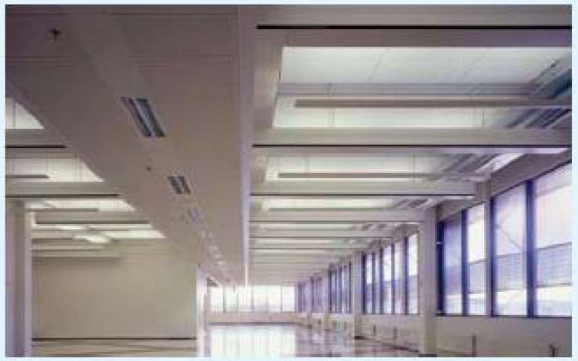
Aktiivsete jahutustalade paiknemine

Ümbritseva seinaga risti









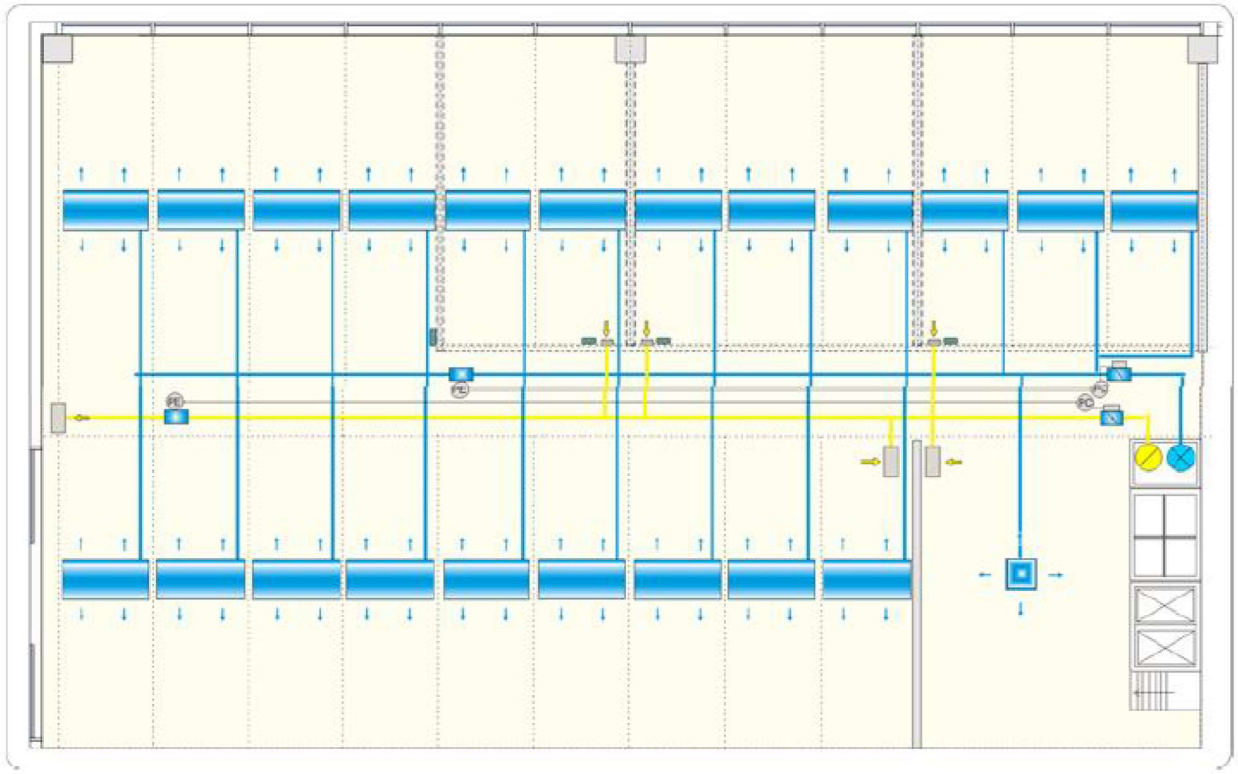




Halton

Aktiivsete jahutustalade paiknemine

Ümbritseva seinaga paralleelselt









Pange tähele õhujoa kokkupuudet

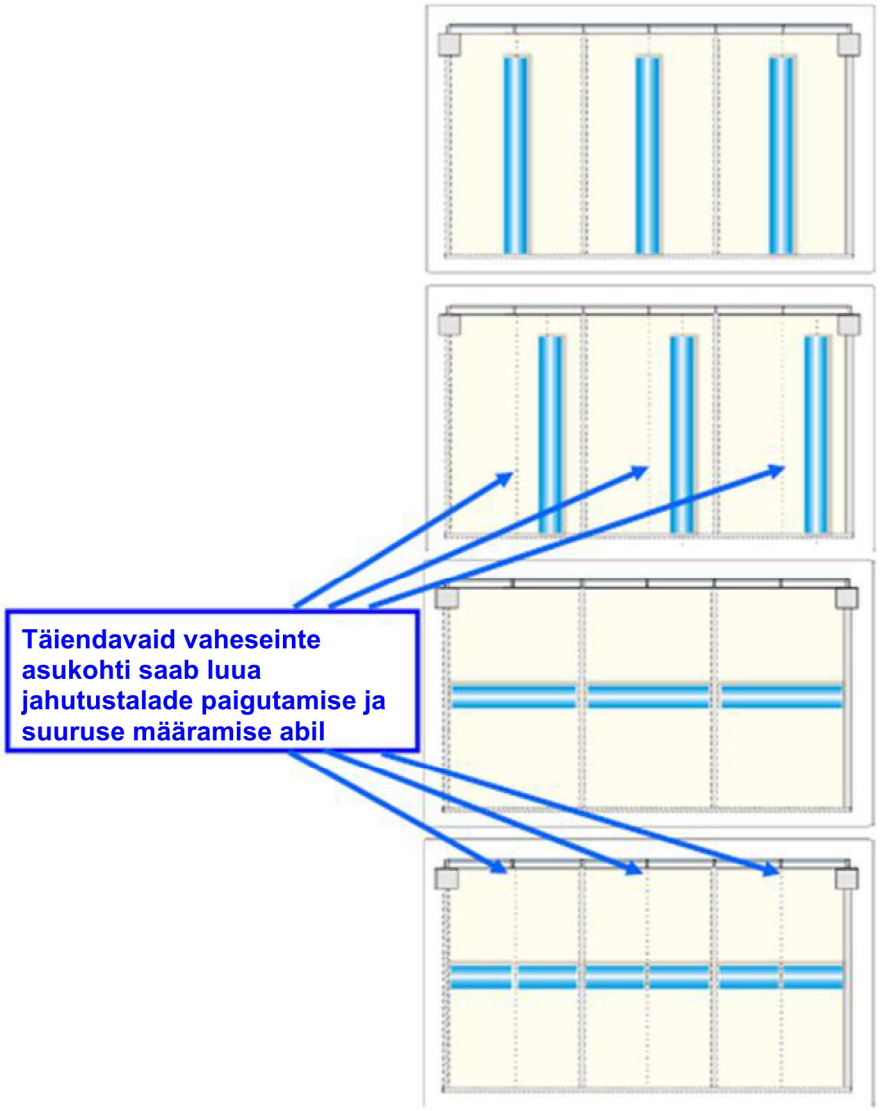
- jaheda aknapinna konvektsioonivooluga vahe-aastaaegadel.
- sooja aknapinna konvektsioonivooluga suvisel ajal.



Kontoriruumi paigutuse muudatused

Kujunduskriteeriumid

- Ruumimooduli ruudustik 3M
  - nt 7,8 mm, 8,1 m jne.
- Võimalikud vaheseinte asukohad
  - kõigi tehniliste teenuste muudatusi peab olema lihtne rakendada
- Avatud kontorid
  - Avatud kontori ja vaheseintega eraldatud kontoriruumi kombinatsioon
- Ventilatsioonimäärad
  - Kontorid 1..3 l/s/m^2
- Jahutusvõimsused
  - Välitsoonid; kontorid 50...100 W/m^2
  - Sisetsoonid; kontorid 30...70 W/m^2



Tsooni projekteerimine

Tsooni praktiline suurus sõltub järgnevast

Ventilatsioonimäärad, väljendatud l/s/m^2

Koosolekuruumide hõivatusaste

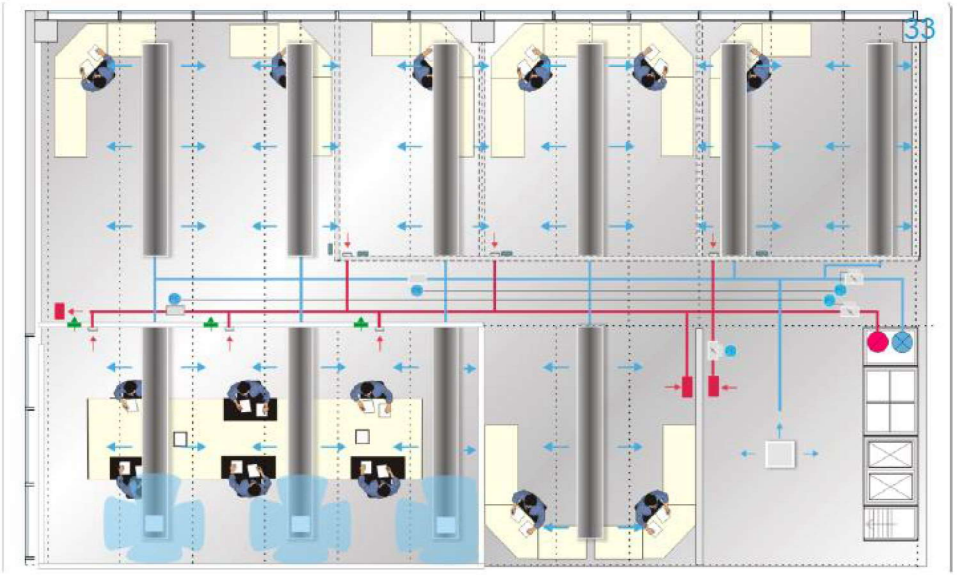
Kanalite jaoks saadaolev ruum

Kanali praktilised mõõtmed

Ruumi paigutuse plaan

Prognoositav tööaeg ruumi kohta

Sissepuhke- ja väljatõmbeõhu korraldamine

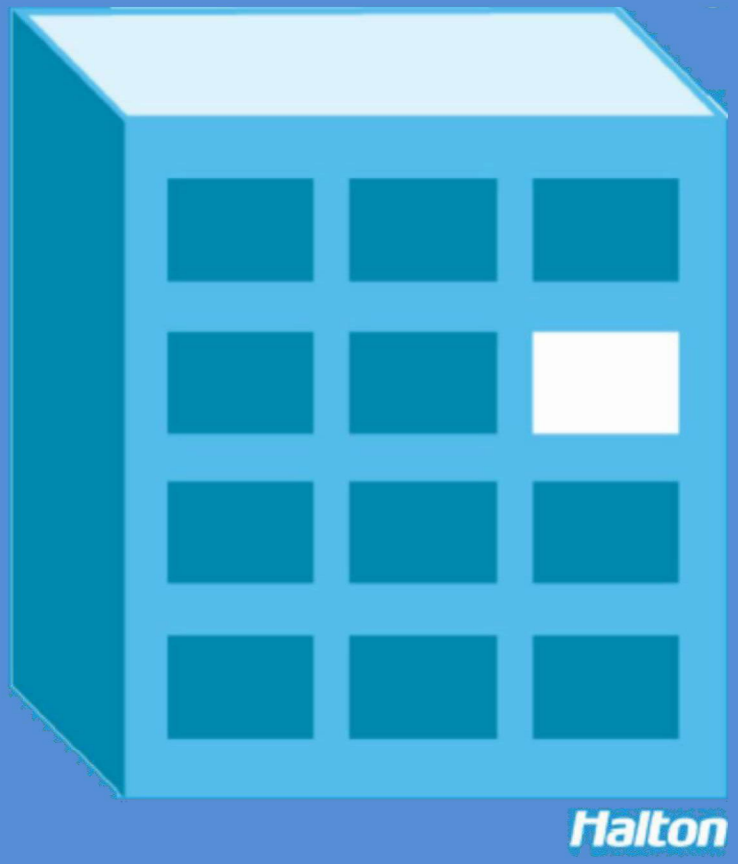


Tsooni suurus (m ^{2}), arvutatakse vastavalt ventilatsioonimääradele		Kanali suurus		Kanali suurus	
		D 400		D 400	
Ventilatsioonimäär		Koosolekuruumide protsent		Koosolekuruumide protsent	
Kontorid	Koosolekuruumid	10%	30%		
l/s m^2	l/s m^2				
1	4	580	400	905	620
1,5	4	430	335	675	525
2	4	340	290	535	455
4	4	188	188	294	294
6	6	126	126	196	196

Süsteemi omadused

RUUMI JUHTIMINE

Õhukvaliteedi juhtimine
Soojusmugavuse juhtimine
Rõhust sõltumatu ja rõhust sõltuva õhuvoolu juhtimine



Rõhust sõltuv õhuvoolu juhtimine >> Püsiva rõhu rakendused



Õhk-vesi süsteem

- Keskmise või suure jahutuskoormusega kontoritesse ja koosolekuruumidesse
- Põhineb Halton VAV nuti-juhtimisseadmetega jahutustaladel

Hübriidsüsteem

- Ruumiseadmete suurepärased töötingimused on võimalikud tänu pideva rõhutsooni juhtklappidele

Õhk-õhk süsteem

- Väikese või keskmise jahutuskoormusega kontoritesse ja koosolekuruumidesse
- Põhineb Haltoni aktiivsetel VAV õhujaotajatel

Ruumi komponendid

Kõik ruumid:

- Ruumi õhutemperatuuri andur ruumi temperatuuri juhtmiseks
- Hõivatuse andur nõudmisel põhineva töö jaoks
- Süsinikdioksiidi (CO_2) andur õhukvaliteedi juhtimiseks
- Kasutajaliidese võimalused, seinale kinnitatav või käeshoitav pult
- Aknalüliti kasutamine energiasäästlikuks tööks

Õhk-vesi valikud:

- Halton HAQ (Halton Air Quality Control - õhukvaliteedi juhtimisseade) õhuvoolu juhtimiseks
- Külma vee juhtklapp jahutuse juhtimiseks
- Sooja vee juhtklapp või elektriküte kütte juhtimiseks
- Kondensatsiooniandur kondensaadi vältimiseks

Õhk-õhk valikud:

- Integreeritud klapp õhuvoolu juhtimiseks
- Jahutust rakendatakse jaheda sissepuhkeõhu abil



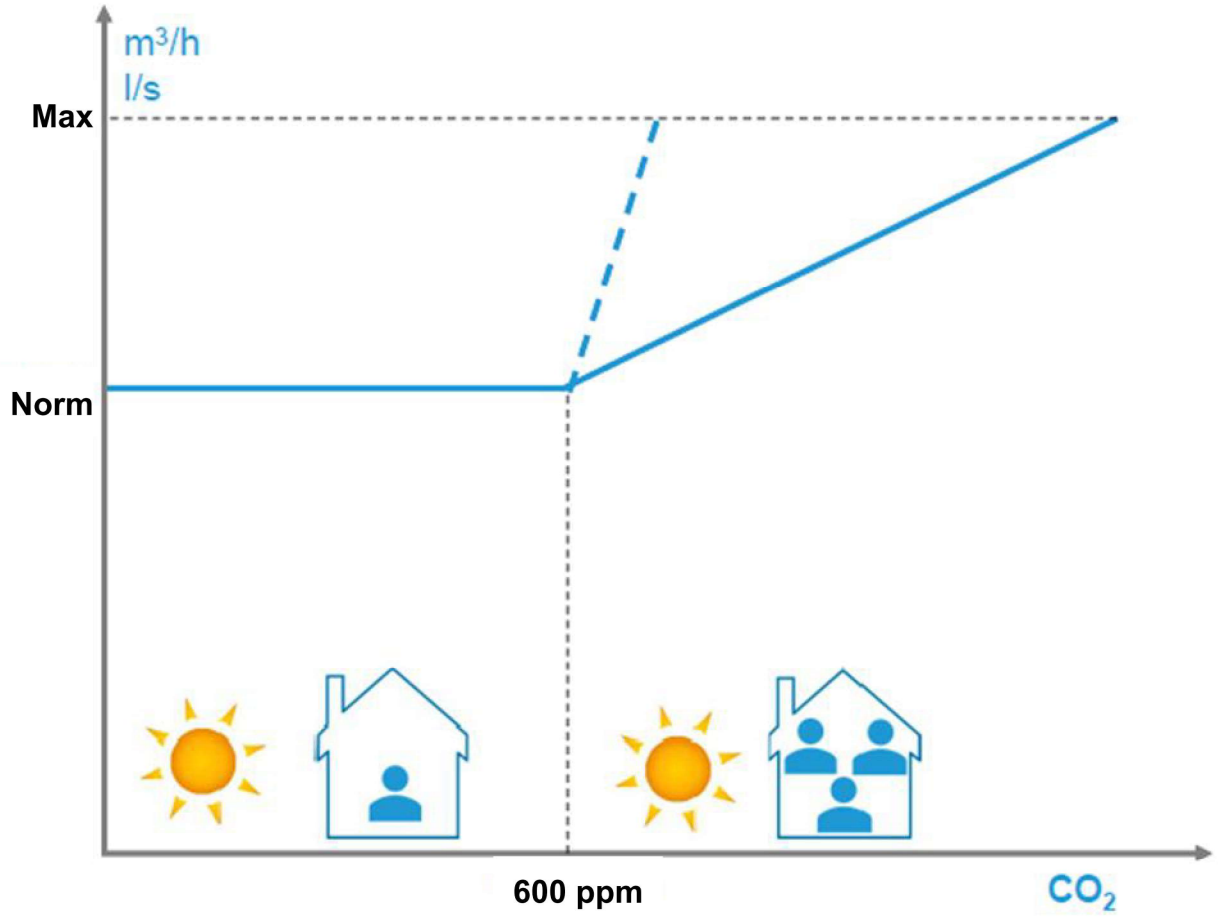
Õhukvaliteedi juhtimine (CO_2 kontsentratsiooni põhjal)

Nõudluspõhise ventilatsiooni korral kasutatakse CO_2 jälgimist ventilatsioonivajaduse näitajana ruumides, mille hõivatus varieerub.

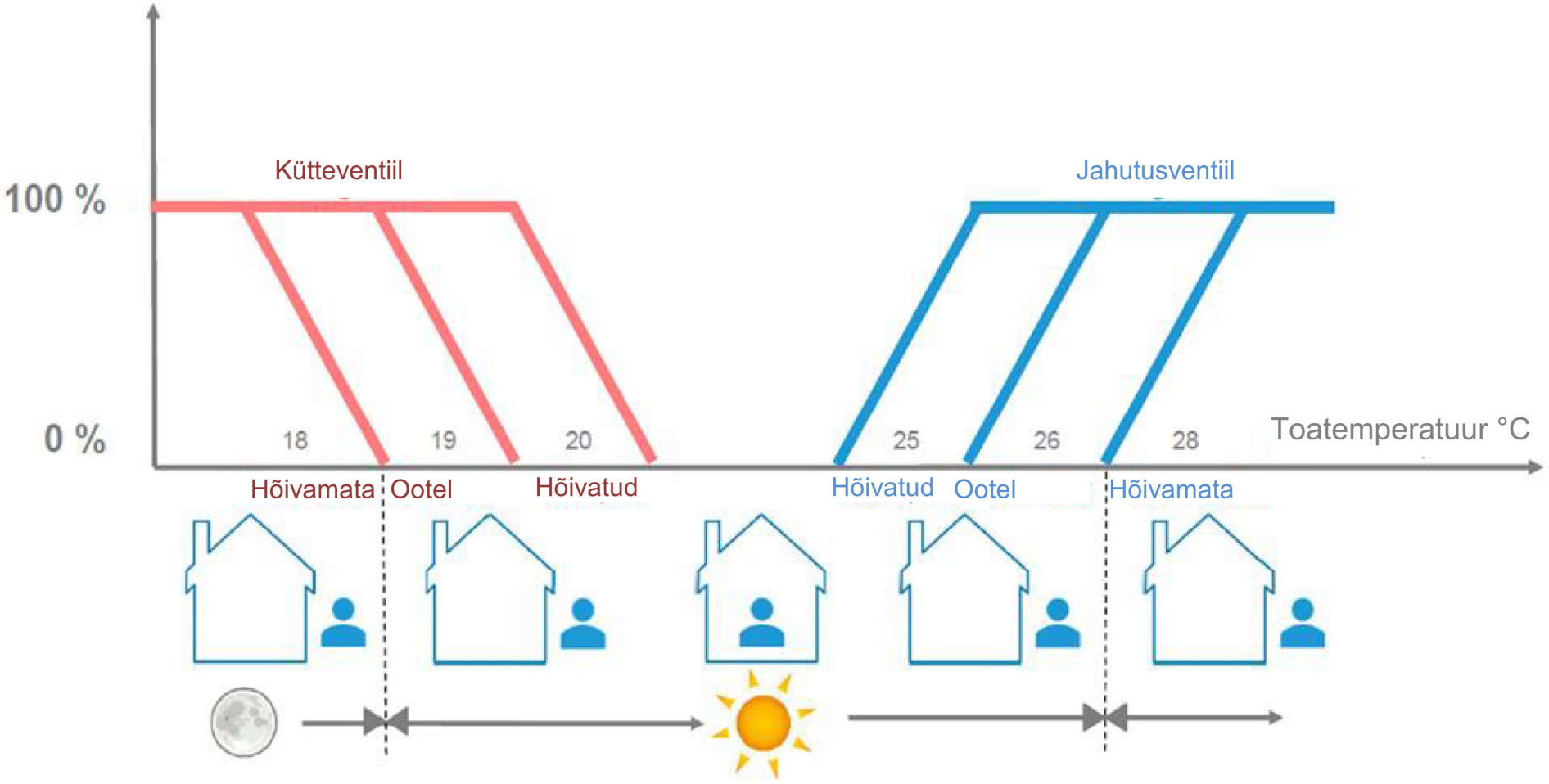
- CO_2 juhtimist kasutatakse hea õhukvaliteedi tagamiseks kõikide hõivatustasemete korral.

- Kui kasutajad sisenevad ruumi, hakkab CO_2 tase tõusma.
  - Ruumi kontroller suurendab välisõhu vooluhulka, avades Haltoni õhukvaliteedi juhtimisseadme (HAQ) õhuvoolu juhtklapi jahutustalades või integreeritud õhuvooluklapi õhk-õhk seadmetes.

- Kui kasutajad lahkuvad ruumist ja CO_2 tase hakkab langema, siis toimib klapp vastupidiselt, et säästa energiat.



Ruumi õhu temperatuuri juhtimine jahutus- ja kütterežiimis



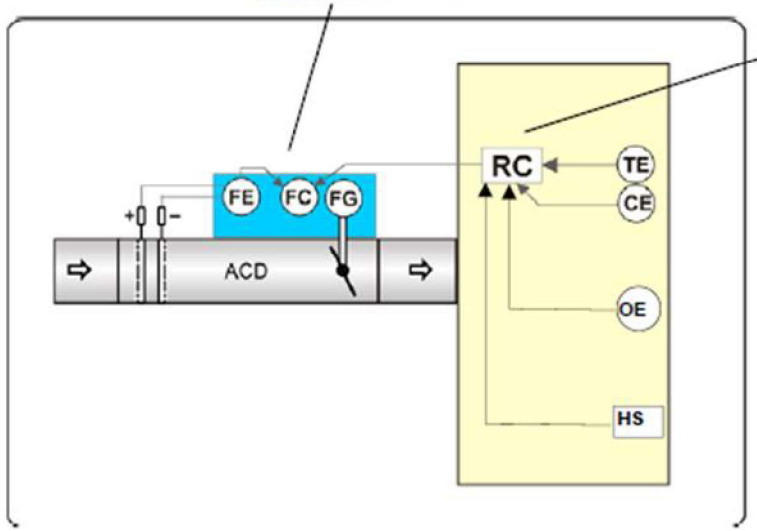
Õhuvoolu juhtimine, rõhust sõltumatult töötav traditsiooniline VAV

Ruumi kontroller
- saadab juhtsignaali temperatuuri või kontsentratsiooni hälbe (nt CO_2) põhjal
- tegelik väärtus seadeväärtusest ja proportsionaalsest ribast (P- ja PI-juhtimine)
- juhtsignaal on nt standardne analoogsignaal; 0 ... 10 VDC

Õhuvoolu kontroller
- Mõõdab pidevalt õhuvooluhulka
  - Rõhu mõõtmine
- Arvutab vastava õhuvoolu juhtimise seadeväärtuse, õhuvoolu seadeväärtusest kõrvalekalde põhjal
- Reguleerib klapi laba asendit, et saavutada soovitud õhuvooluhulk
- Õhuvooluhulga vahemik (min/max) on tehases seadistatud.
- Valikulised juhtimissätted
  - 0,10 VDC juhtsignaal vastab 0,100% nimivoolule klapi suurusest
  - Tehaseseadistused
  - Näiteks BMS alajaam saadab 0,10 VDC juhtsignaali
- Kontrolleri konfigureerimiseks saadetakse õhuvoolu sätted tehasele.









Ruumi kontroller

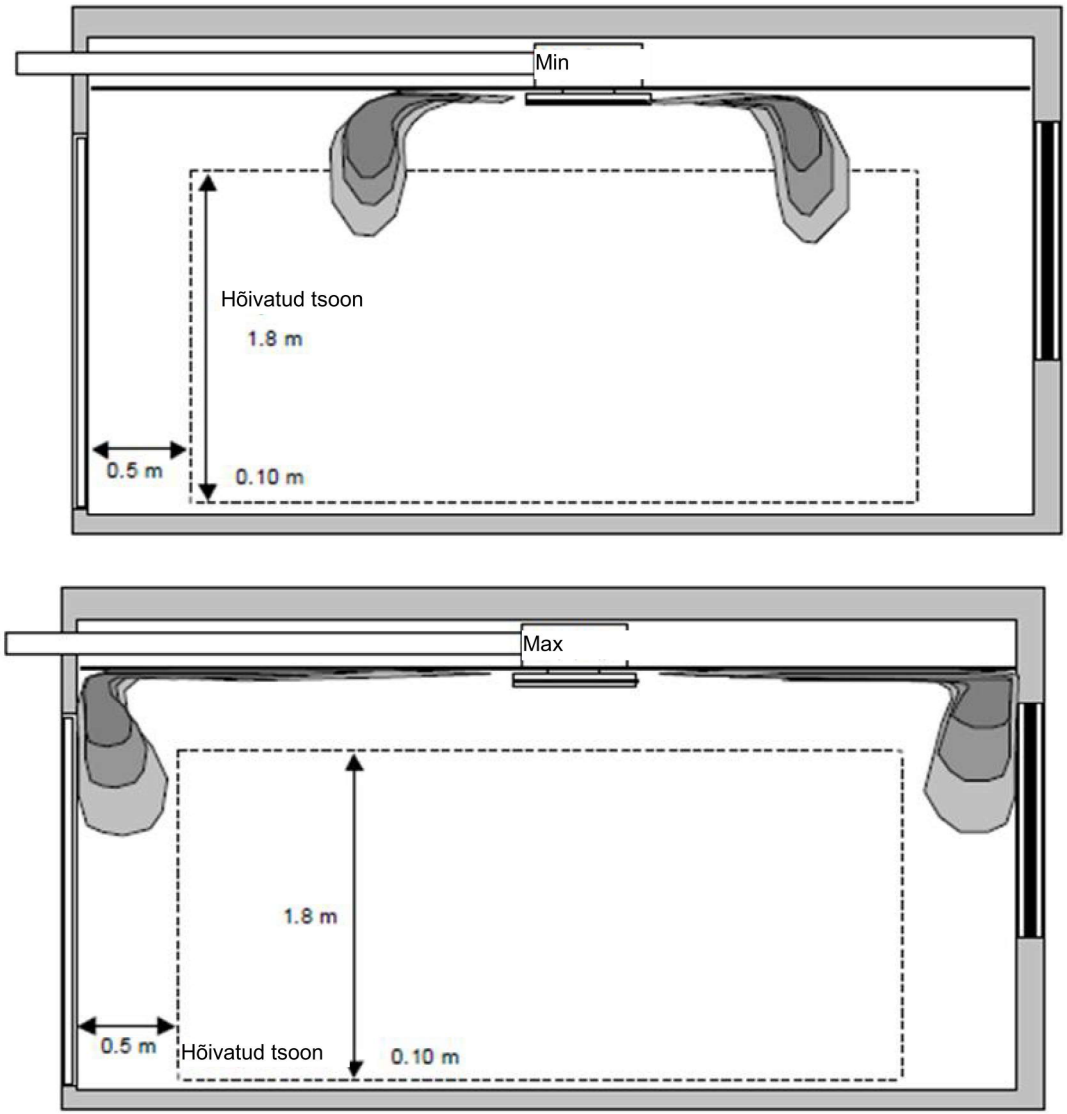
Temperatuuriandur

Kontsentratsiooniandur
- nt CO_2 tase õhukvaliteediga seoses

Hõivatuseandur
- liikumisdetektor

Töörežiimi lüliti
- võimendamine, säästev, ... (või BMS-ist)

Õhujaotaja valimine ja traditsioonilise VAV-i suuruse määramine



Õhujaotaja valimine
- õhujoa pikkus max / min / nimimahuga
- sissepuhkeõhu / ruumi õhu temperatuur
- õhuvooluhulga liiga kiire languse risk
  - takistused

Õhujoa muster minimaalse vooluhulgaga
- õhuvooluhulga languse oht, eriti kõrge dT-de korral

Õhujoa muster maksimaalse vooluhulgaga
- tuuletõmbuse oht hõivatud tsoonis.

Heli tekitamine max vooluhulga tingimustes
Märkus: Heli summutamine lõppelemendi harus
- juhtklapi poolt tekitatav müra
- isegi min vooluhulga korral, kui kanali rõhk on väga kõrge

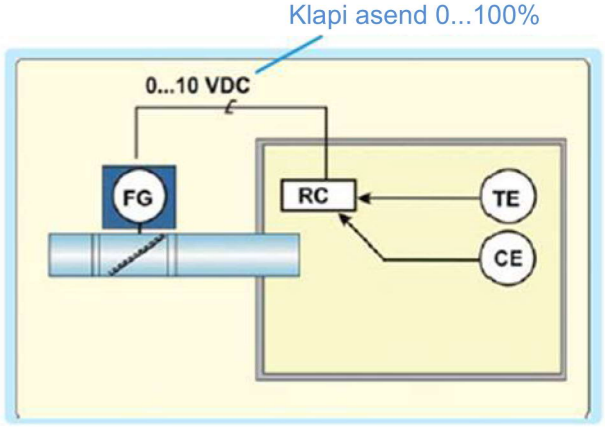
Rõhust sõltuv vooluhulga juhtimine

Õhuvooluhulk q v = k * SQRT (Δ p haru)
- q_v õhuvooluhulk
- Δp haru saadaolev rõhkude erinevus
- k haru vooluhulga omadus

- klapi ava, lõppelement
- lineaarne avanemine> lineaarne õhuvooluhulk

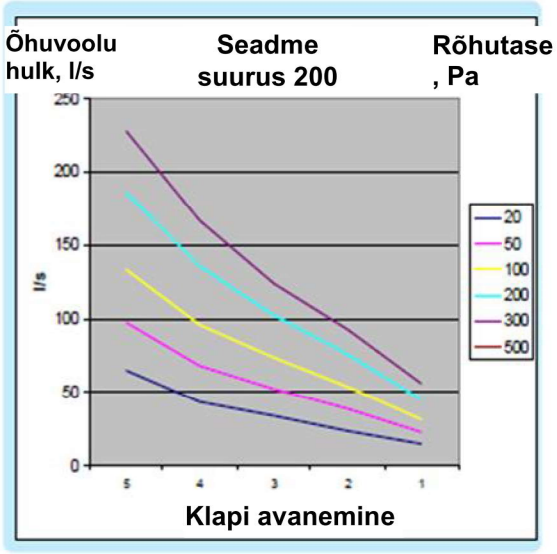
Õhuvooluhulga vahemik määratakse järgmiselt:
- teadaolev rõhkude erinevus
- klapi min ja max asend

Rõhutase, Δ **p kanali harus** >> hoitakse konstantsena



Tüüpiline õhuvooluhulga vahemik sõltuvalt

- kanali rõhutasemest
- klapi avanemine

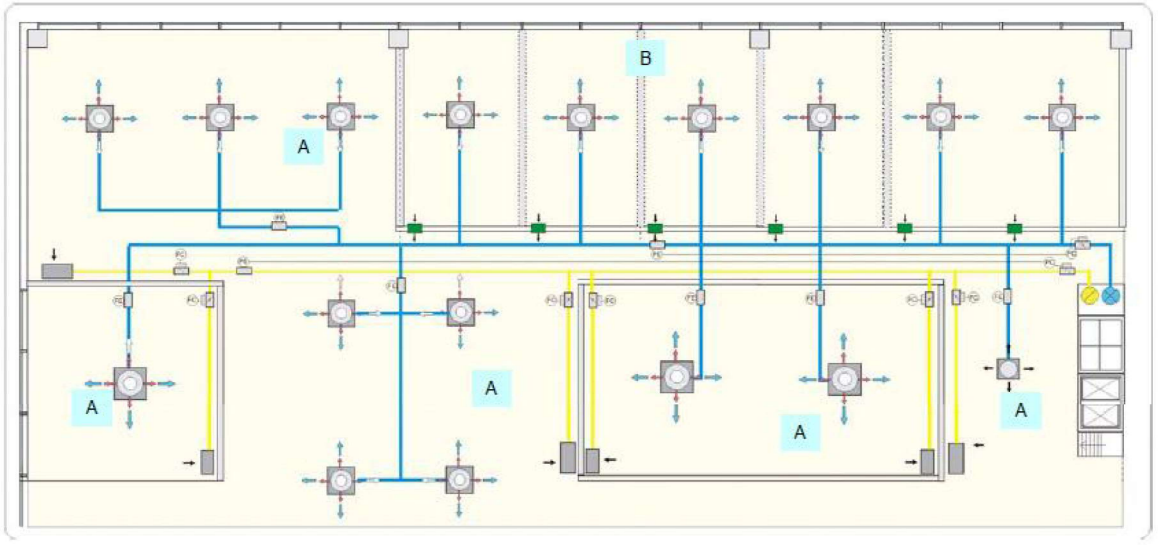


Aktiivne lakke paigaldatav õhujaotaja

Õhukiiruse tingimused hõivatud tsoonis säilitatakse, kuna õhuvooluhulk on kontrollitud
Seadmed kontrollivad aktiivselt nii sissepuhkeõhu vooluhulka kui ka õhujaotajate sissepuhkeõhu geomeetriat. Stabiilne õhujoa muster muutuvates koormustingimustes välistab tuuletõmbe ohu (min-max). Lõppelementides ei ole vaja õhuvooluhulka mõõta.
Ruumi juhtimine

- Temperatuur
- Hõivatus
- CO_2

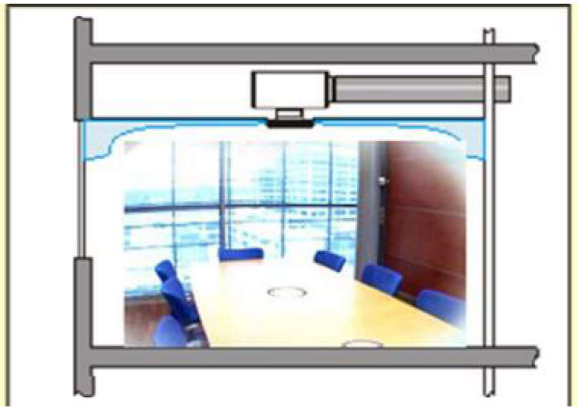
Kanali soovitatav rõhutase 40..80 Pa



Õhuvoolukiiruse tingimused hõivatud tsoonis säilitatakse, kuna õhuvooluhulk on kontrollitud.



Max vooluhulk 100%



Min vooluhulk 10%

Ruumirakendused
A. Ülem-alluv tüüpi juhtimine väljatõmbeõhu juhtimiseks VAV-i klappide abil Õhuvooluhulga mõõtmise seade on sissepuhkeõhukanalis.
B. Õhk viiakse ühisesse väljatõmbesse

Õhk-vesi süsteemi tooted:
Jahutustalad

Halton Rex 600 (RE6)



- Õhk-vesi tooteid saab varustada aktiivsete sissepuhkeõhu juhtimisseadmetega vastavalt nõudmisele
  - samuti saab neid hiljem ümber ehitada

Pöördõhu mugavusseade Halton





Halton Rex Exposed (REE)

Haltoni jahutustalade õhuvooluhulga vahemik

Õhuvooluhulka mõjutavad järgmised parameetrid

- Efektiivne pikkus, L_{eff}
- Haltoni õhukvaliteedi juhtseadne (HAQ) reguleerimise asend
- Jahutustala kambri rõhk, Δp_m

Minimaalne õhuvooluhulk on düüsi õhujoa õhuvooluhulk +

- HAQ on suletud või seatud miinimumasendisse

Maksimaalne õhuvooluhulk on düüsi õhujoa õhuvooluhulk +

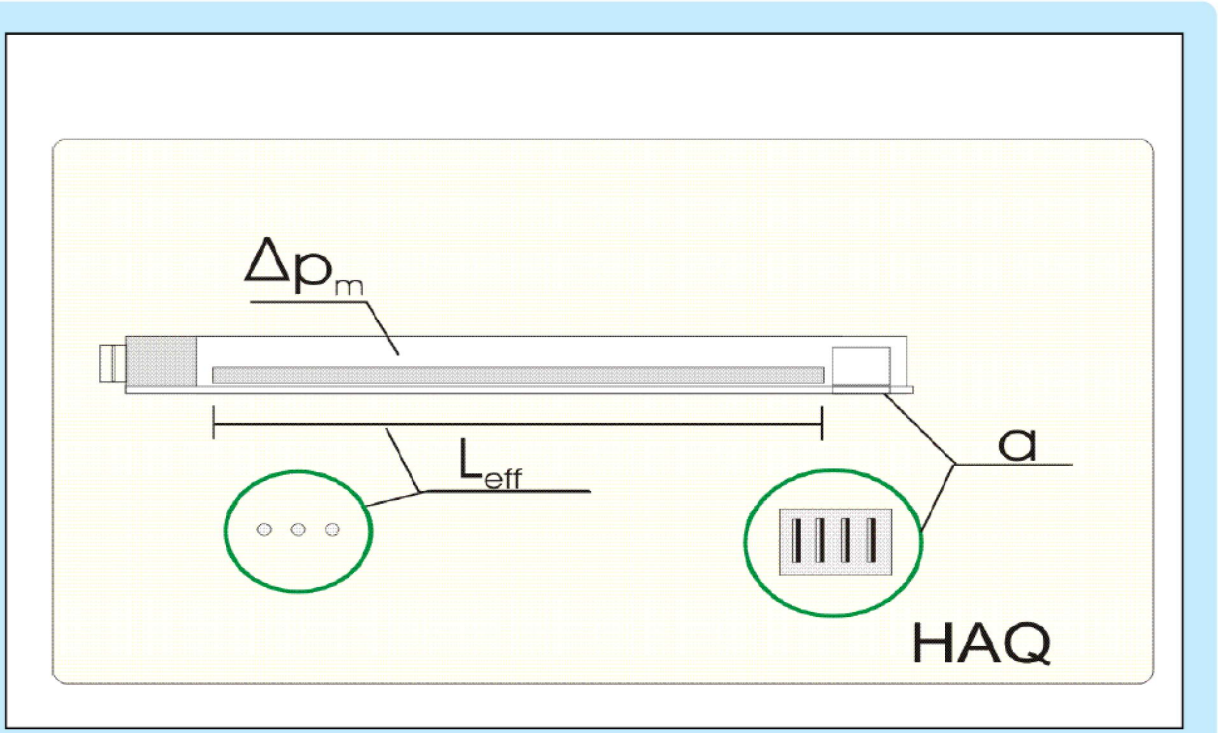
- HAQ on seatud maksimaalsesse asendisse

Kombineeritud püsiva rõhuga õhutorustiku tsooniga

- jahutustala düüsi õhujoa õhuvooluhulk
- mähise võimsus

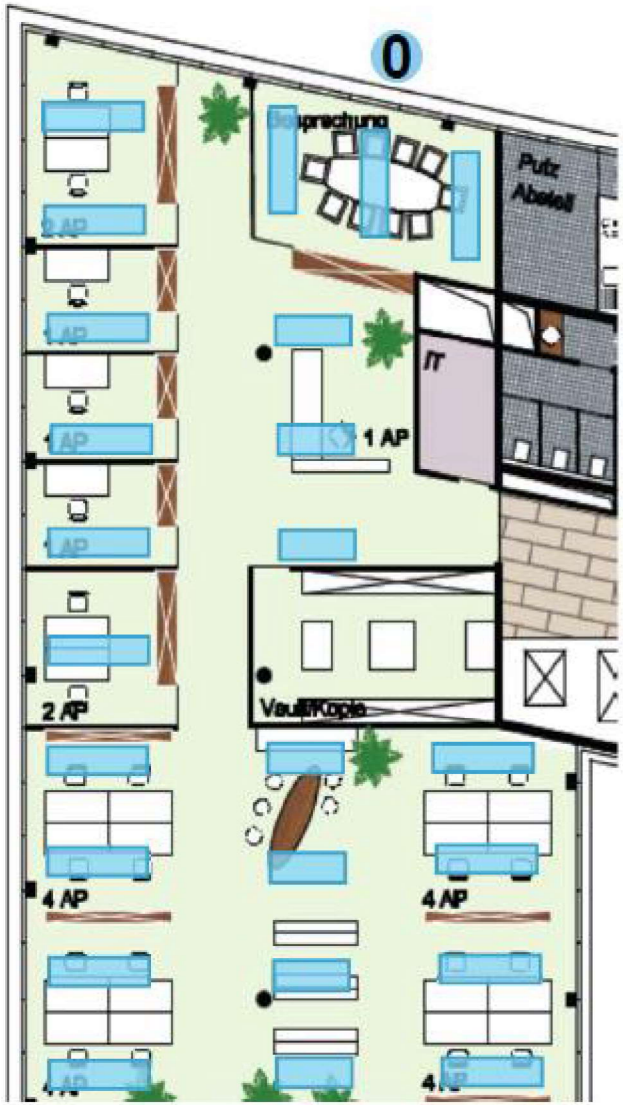
püsivad konstantsed isegi siis, kui HAQ-seadme õhuvool muutub.

Õhuvooluhulka mõjutavad tegurid



Jahutustala projekteerimine kohandamiseks

- Sissepuhkeõhu ja sisselaskevee temperatuur
  - ühtlane kogu hoones
- Ühtlane kanali rõhk kogu hoones
  - rõhutaseme optimeerimine
  - tõhus kasutuselevõtt ja ümbereguleerimine
- Ühtne mudel, suurus (efektiivne pikkus) ja düüsi tüüp
  - ühtlaste erimahtuvuse (W/m^2) ja ventilatsioonimäära ($l/s/m^2$) nõuetega hoonesektsioonid
  - sobib ruumi moodulruudustikuga, kohandatakse valgustitega
  - arvestage jahutustala teeninduspindala erinevustega (m^2 jahutustala kohta)
  - arvestage ventilatsioonimäära kohandatavusega erinevatele ruumikasutusprofiilidele (kontoris/koosolekuruumis jne)
- Võimaluse korral ühtlane optimeeritud (minimaalne) veevoolu kiirus
- Õhu hajutamise juhtimise keskmine asend, et võimaldada jõudluse suurendamist ja vähendamist
  - Jahutus-/ küttevõimsus
  - Kohalikud kiirustingimused



Aktiivne õhujaotaja JDS

Juhib õhuvooluhulka min ja max väärtuste vahel lineaarselt vastavalt juhtsignaalile 0-10 VDC.

Juhitud õhujaotus, hoides väikese õhuvooluhulga korral Coanda efekti.

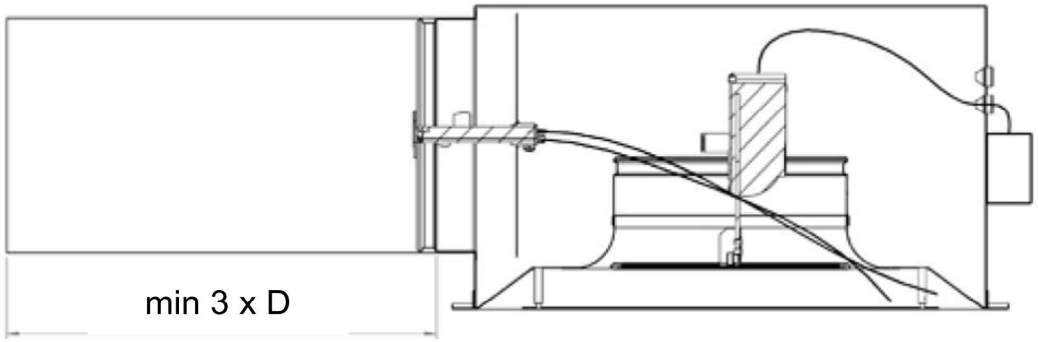
Tuuletõmbe oht on välistatud.

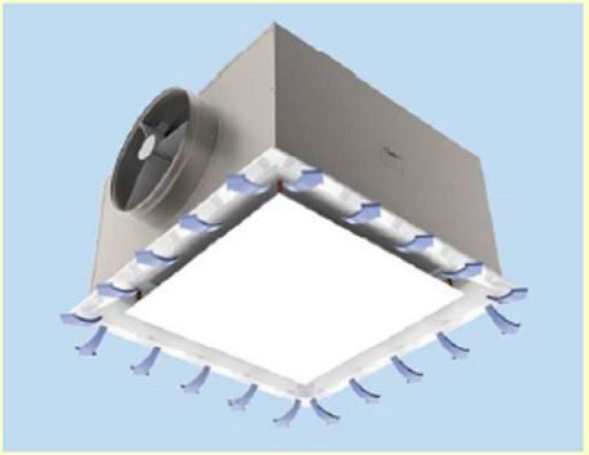
Suur sissepuhkeõhu temperatuurivahemik.

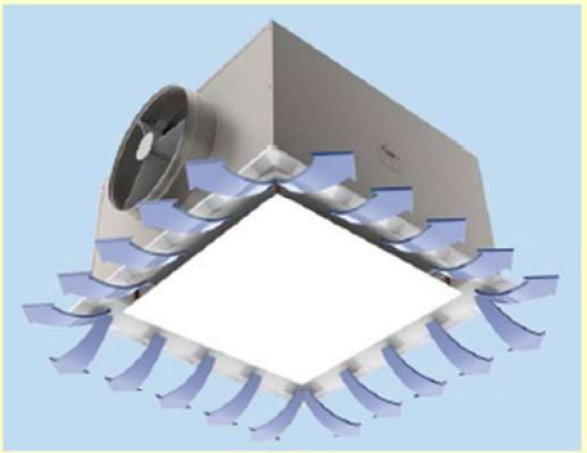
Tsoonides kohandatakse töö püsirõhuga õhutorustiku jaoks.

Mõõte- ja reguleerseade sissepuhkeõhu maksimaalse õhuvooluhulga (MSM) reguleerimiseks.

Kanali soovitatav rõhutase 40…60 Pa.







Õhukiiruse tingimused hõivatud tsoonis säilitatakse, kuna õhuvooluhulk on kontrollitud

Aktiivse õhujaotaja VHB/VHD ja VRI õhujaotuskast

Juhib õhuvooluhulka min ja max väärtuste vahel lineaarselt vastavalt juhtsignaalile 0–10 V DC.

Juhitud õhujaotus, hoides väikese õhuvooluhulga juures Coanda efekti ja hoides õhujuga laes.

Tuuletõmbe oht on välistatud.

Suur sissepuhkeõhu temperatuurivahemik.

Tsoonides kohandatakse töö püsirõhuga õhutorustiku jaoks.

Paigaldamisel kasutatakse VRI/V-ühenduse õhujaotuskasti koos elektriühenduskarbiga.

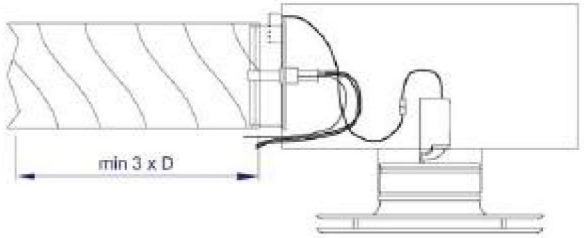
Mõõte- ja reguleerseade sissepuhkeõhu maksimaalse õhuvooluhulga (MSM) reguleerimiseks.

VHD õhujaotuskasti minimaalne õhuvooluhulk on umbes 10% maksimaalsest õhuvooluhulgast.









Süsteemi funktsioon

TSOONI JUHTIMINE

Püsirõhuga õhutorustik Kanali staatilise rõhu juhtimine



Püsirõhuga õhutorustiku eelised

1. Kulutõhusam kui traditsiooniline kanalisüsteem hoone kasutustsükli jooksul

- vajaduspõhine ventilatsioon, kasutades lihtsaid rõhust sõltuvaid juhtklappe
- hoolduskulude kokkuhoid, muutes põrandaplaani paigutust

2. Paindlik ruumikasutus tänu Multifunktsionaalsetele õhuvoolu juhtseadmetele / reguleerimisele

- automaatne individuaalne õhuvooluhulga reguleerimine ruumiseadmetes
- pärast individuaalset õhuvooluhulga muutust ei ole vaja õhutorustikku uuesti tasakaalustada
- muutuva ja püsiva lõppelemendi õhuvoolu kombinatsioon väga täpse vooluhulgaga

3. Vaikne lahendus, mille tulemuseks on akustiliselt suurepärane keskkond

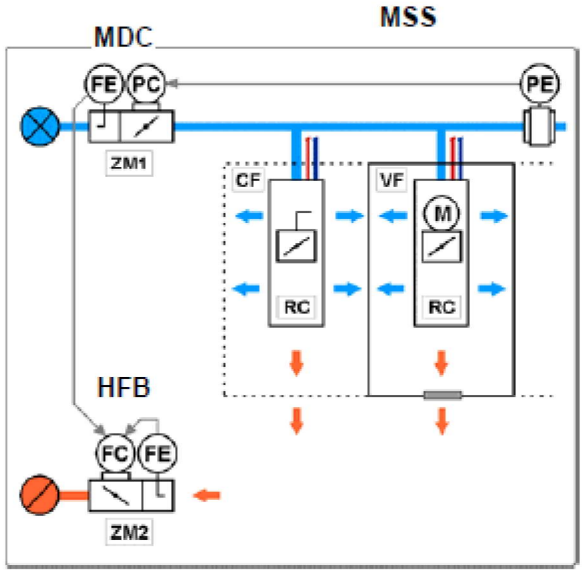
- madal rõhutase lõppkanalites
- valikulised kanalitsooni summutid vähendavad süsteemi tekitatud mürataset suurtes kanalites

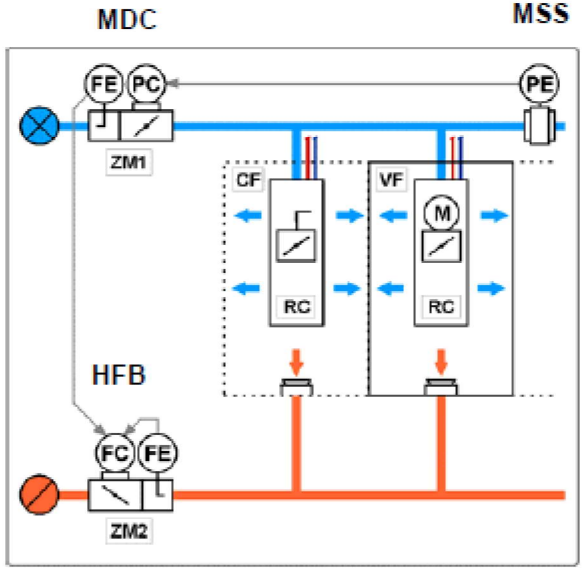
4. Väiksemad kasutuselevõtu- ja hoolduskulud tänu õhutorustiku lihtsale tasakaalustamisele

- lihtne tasakaalustamine

5. Lihtne projekteerimispõhimõte ja lihtne paigaldamine ühe suuruste kanalitega

- lihtne ventilaatori suuruse määramise protseduur
- vähem erinevaid kanaliosi kohapeal





Rõhust sõltuva õhuvoolu juhtimine Ruumis töötamise põhimõtted

1. Ruumid moodustavad osa **püsirõhuga õhutorustikust**, mille eest hoolitsevad püsirõhutsooni klapid

2. Integreeritud sissepuhke- ja väljatõmbeklappidega varustatud **aktiivsed lõppelemendid** saavad õhku ruumidest
    - Tööpõhimõte põhineb konstantsetel mugavustingimustel ja tuuletõmbevabal toimimisel
    - Lõppelemendid võivad olla õhk-vesi-seadmed (sissepuhkeõhk) või õhk-õhk-seadmed (sissepuhke- või väljatõmbeõhk)
    - Õhk-vesi-seadmeid võib kasutada ruumi soojendamiseks või jahutamiseks.
    - Õhk-õhk seadmeid võib kasutada ruumi jahutamiseks või koos soojendusmähisega ka ruumi soojendamiseks

3. **Ruumiandurid** saadavad teavet **ruumikontrolleritele**, mis võimaldab ruumi tingimusi optimeerida; tavaliselt:
    - Hõivatus
    - Ruumi õhutemperatuur
    - Siseõhu kvaliteet CO_2 põhjal

4. Ruumitingimuste käsitsi juhtimiseks võib paigaldada **kasutajaliidesed** (nt seinapaneelid) **ja aknalülitid** ; tavaliselt on teave järgmine:
    - Seadeväärtuse nihe

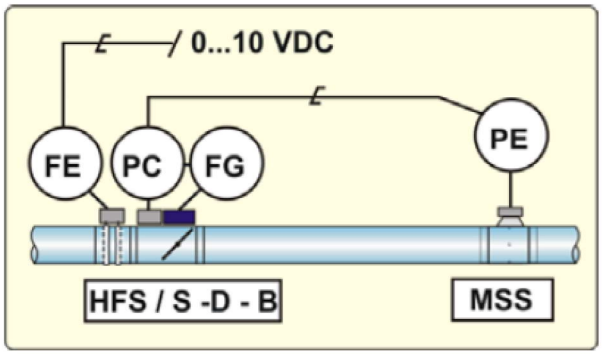
Kanali staatilise rõhu reguleerimine

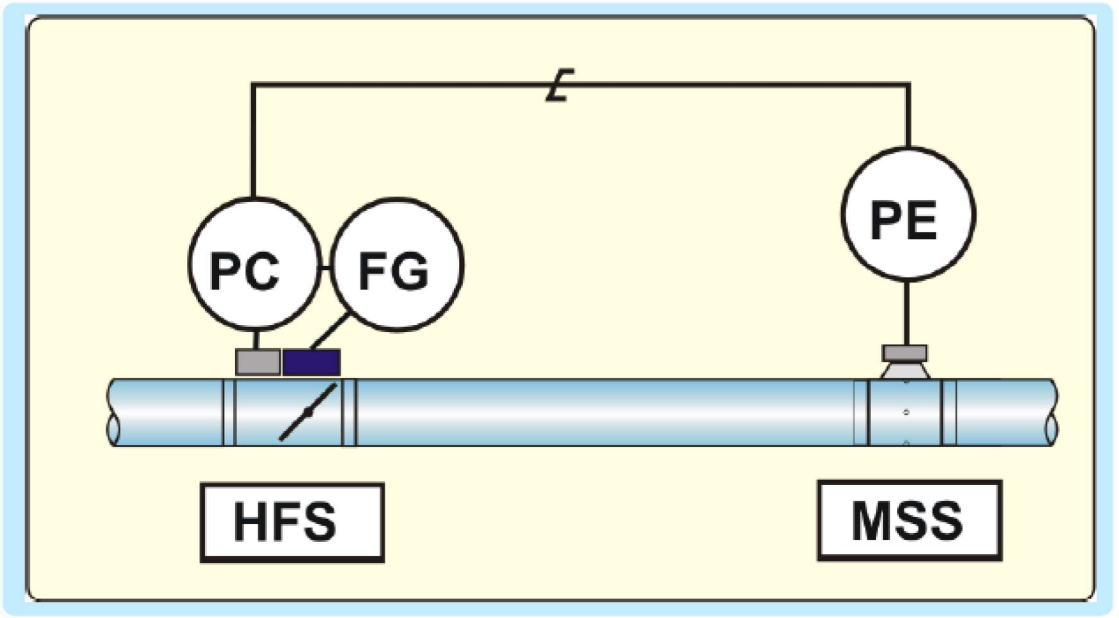
Rõhu reguleerimise klapp (MDC/MDR)
Seade, mis koosneb klapi rõhuregulaatorist ja täiturist

Rõhu kontroller
- Võtab vastu staatilise rõhu mõõteväärtused sisendsignaalina ja saadab täiturile juhtsignaali, et muuta klapi asendit vastavalt mõõdetud rõhu kõrvalekaldele seadeväärtusest (PI-juhtimine)

Staatilise rõhu mõõteseade (MSS)
- Saadab staatilise rõhu mõõtmissignaali

Õhuvoolu mõõtmine
- Valikuline näit lisatarviku abil
- Pole vajalik seadme töö jaoks





Õhuvoolu mõõtmise väljundsignaali saab kasutada nt väljatõmbeõhu õhuvoolu juhtimise alamjuhtimiseks

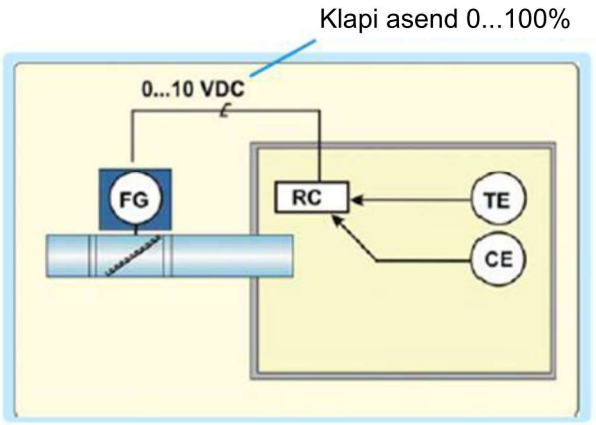
Rõhust sõltuv õhuvoolu juhtimine

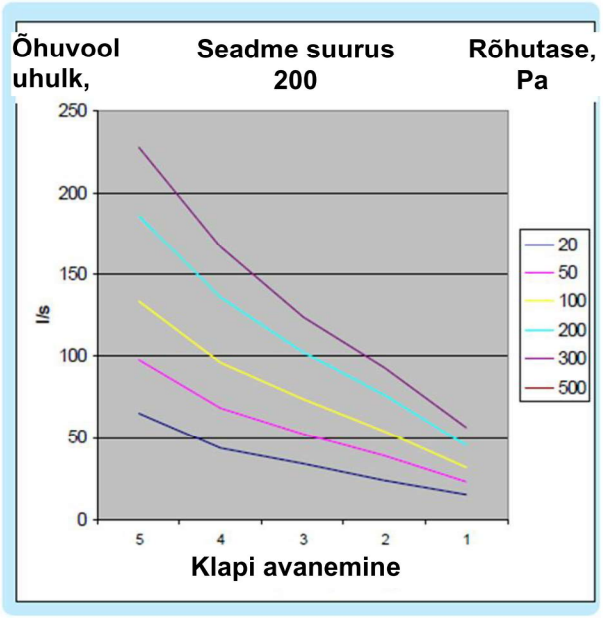
Õhuvooluhulk $q_v = k * SQRT (\Delta$ **p haru**$)$
- q_v õhuvooluhulk
- Δ**p haru** teadaolev rõhkude erinevus
- k haru vooluhulga omadus

- klapi ava, lõppelement
- lineaarne avanemine> lineaarne õhuvooluhulk

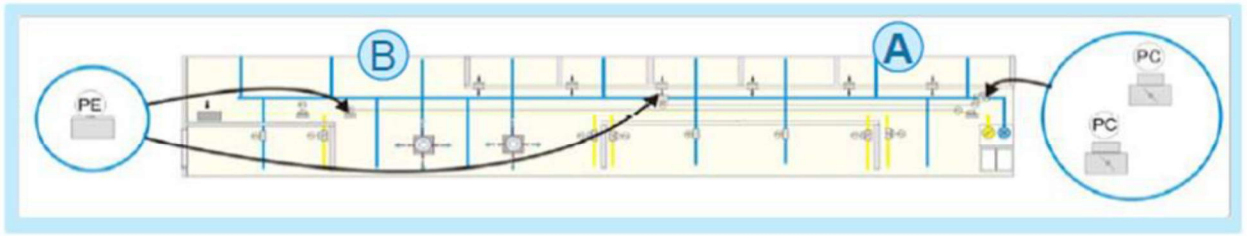
Õhuvooluhulga vahemik määratakse järgmiselt:
- teadaolev rõhkude erinevus
- klapi min ja max asend

Rõhutase, Δp kanali harus





Rõhust sõltuv õhuvoolu juhtimiseks on vaja konstantse staatilise rõhuga õhutorustiku tsoone



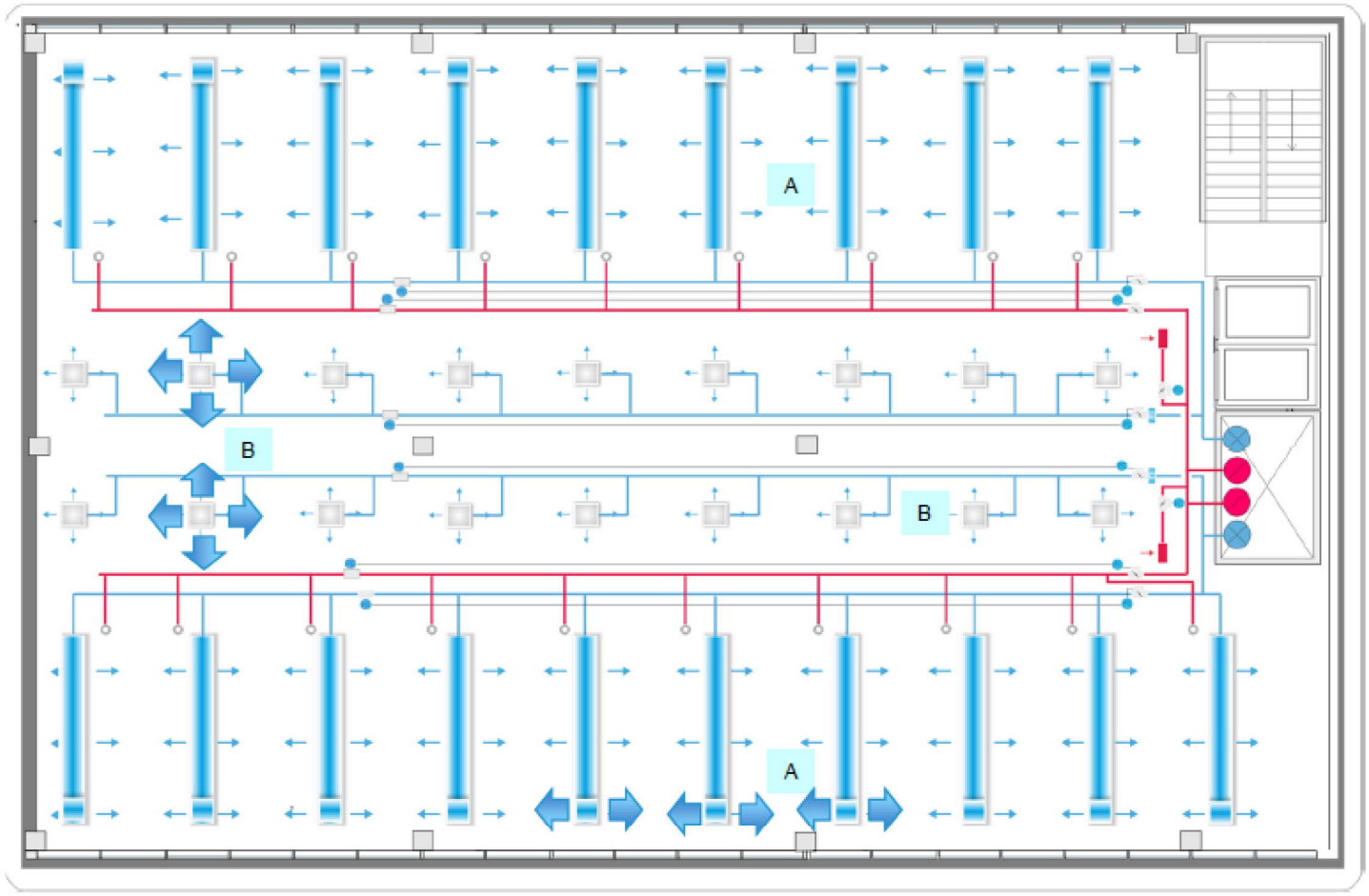
$\Delta p_{st\ A} = \Delta p_{st\ B}$

Tüüpiline õhuvooluhulga vahemik sõltuvalt
- kanali rõhutasemest
- klapi avanemine

Püsirõhuga õhutorustiku komponendid



Jahutustala süsteem välistsoonis, aktiivsete õhujaotajatega sisetsoonis



Ruumirakendused

A. Kohandatavad jahutustalad



B. Pöördõhuga mugavusseadmed või

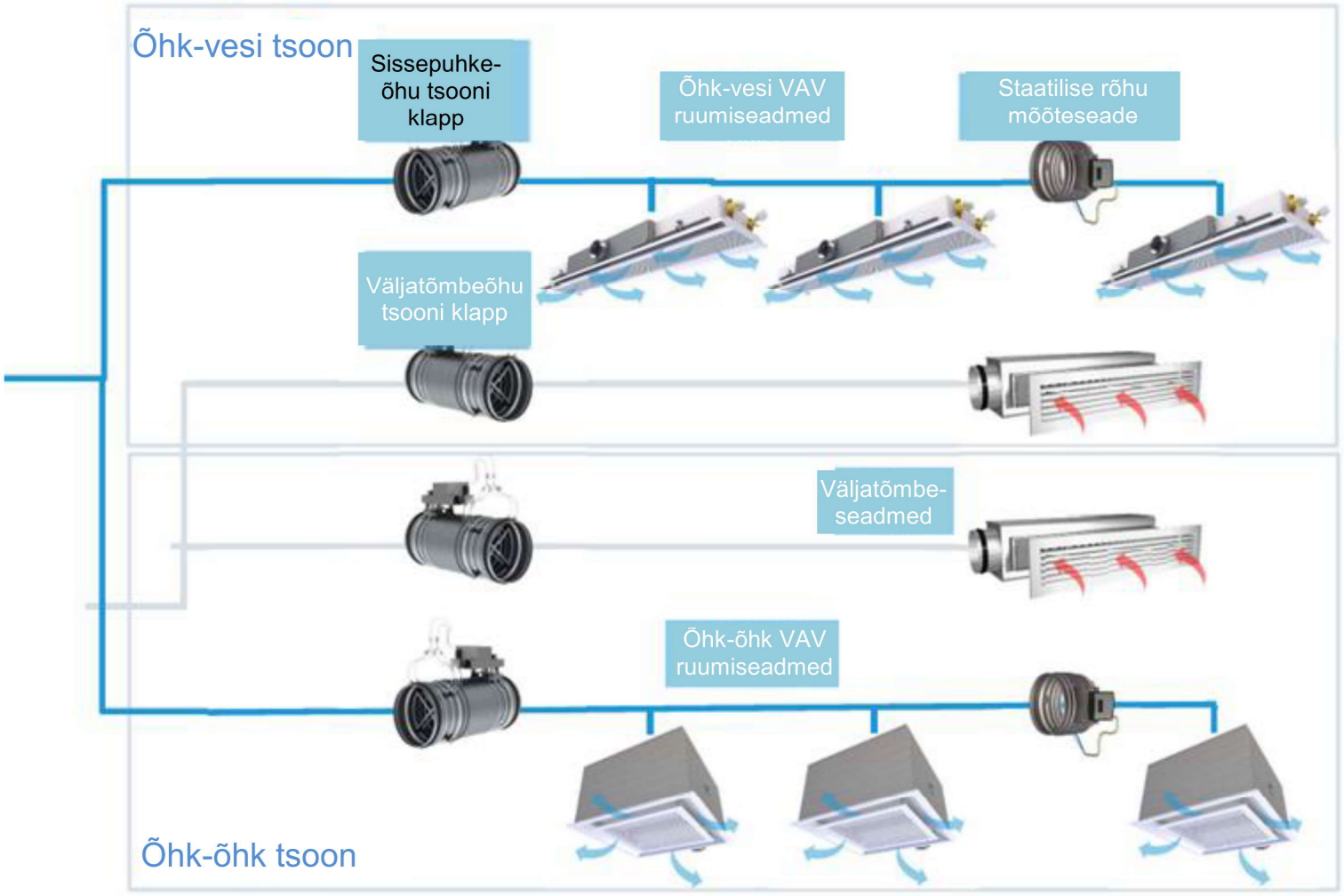


B. Aktiivsed lakke paigaldatavad õhujaotajad

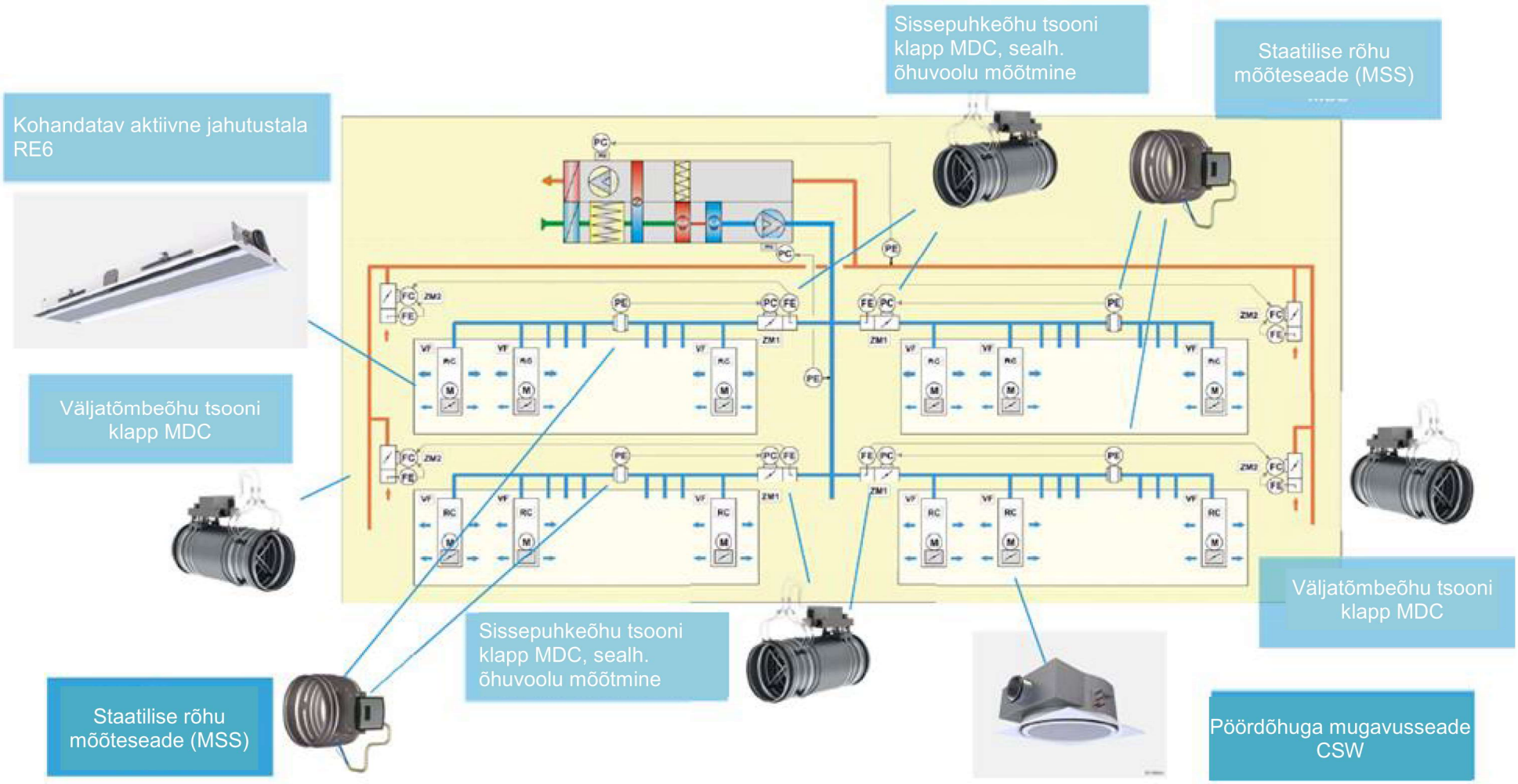


Tsoonide jagunemine

- Eraldi kanali rõhutsoonid
  - Õhk-vesi
  - Õhk-õhk

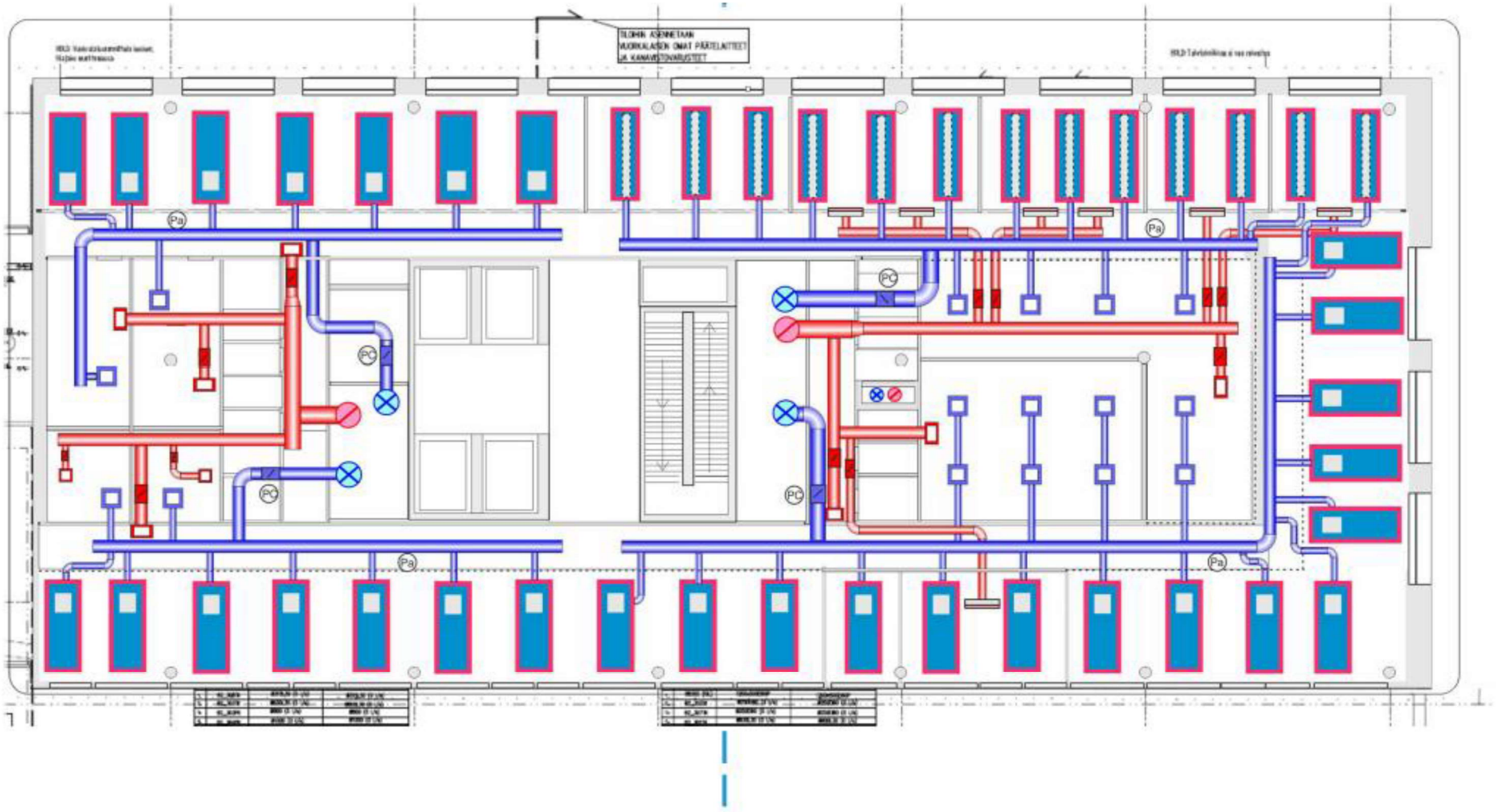


Püsirõhuga õhutorustiku komponendid



Püsirõhuga õhutorustik

Õhutorustiku tsoonid

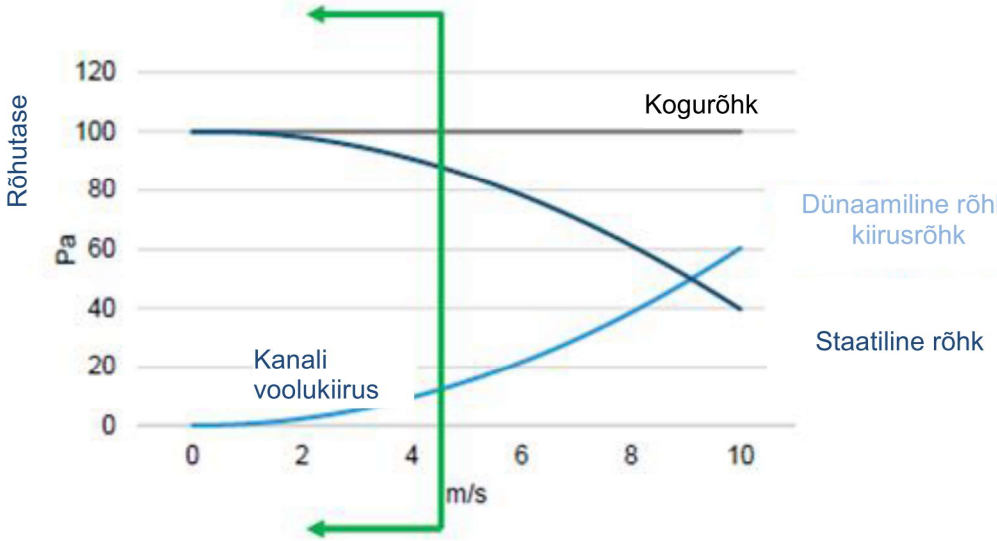


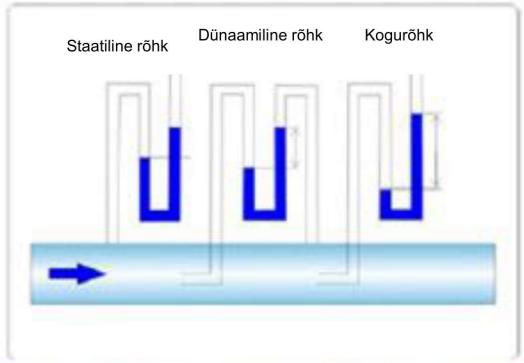
Õhutorustiku rõhutingimused

Madal dünaamilise rõhu tase, kui kanali voolukiirus on väiksem kui 4 (... 5 m/s)

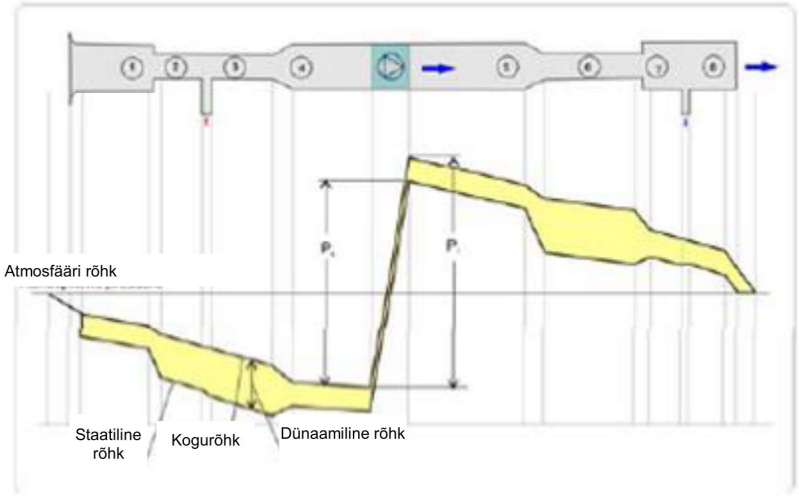
Vastavalt; staatilise rõhu tase püsib kõrgem.

Kogurõhk, staatiline rõhk, dünaamiline rõhk





Staatiline rõhk + dünaamiline rõhk = kogurõhk



Staatiline rõhk, dünaamiline rõhk ja kogurõhk õhutorustikus

Rõhukaod on väikesed, kui kanali voolukiirus on väiksem kui 4 (... 5 m/s)

Püsirõhu staatiline taastamine õhutorustiku tsoonis

Sama kanali suurus kogu peaharu kanalis

- Staatiline rõhu taastamine
- Kanali voolukiirus väheneb, kuna õhuvooluhulk on igas harus
- Dünaamiline kiirus väheneb >> Staatiline rõhk on suurem

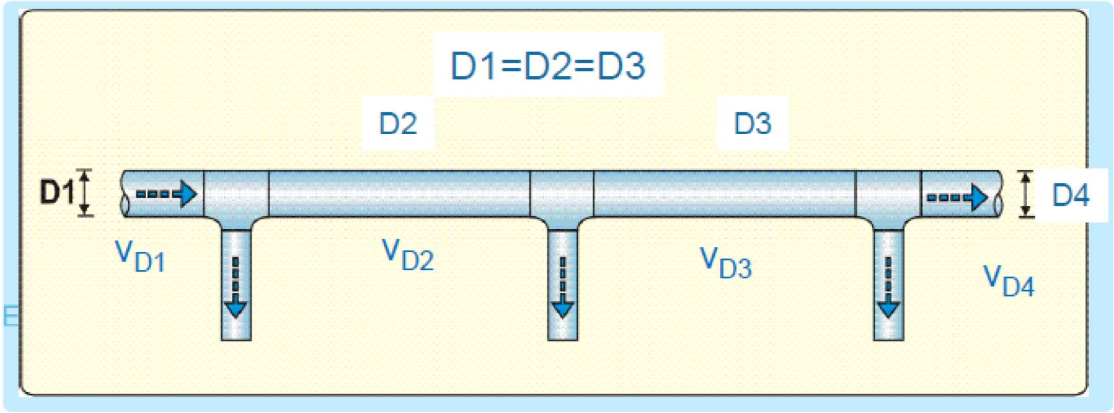
$v_{D1} > v_{D2} > v_{D3} > v_{D4}$

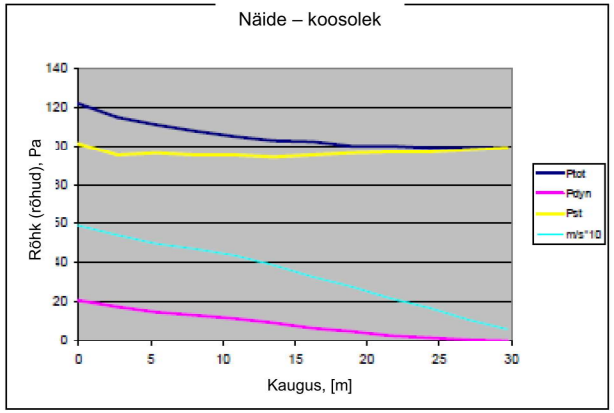
$DPst_{D1} > DPst_{D2} > DPst_{D3} > DPst_{D4}$

- T-harudest ja hõõrdumisest tulenevad rõhukaod
- võrdub rõhu staatilise taastamise suurenemisega

- Staatiline rõhk püsib kanali harus konstantsena

- Kanali harus on võimalik teostada rõhust sõltuvat õhuvoolu reguleerimist





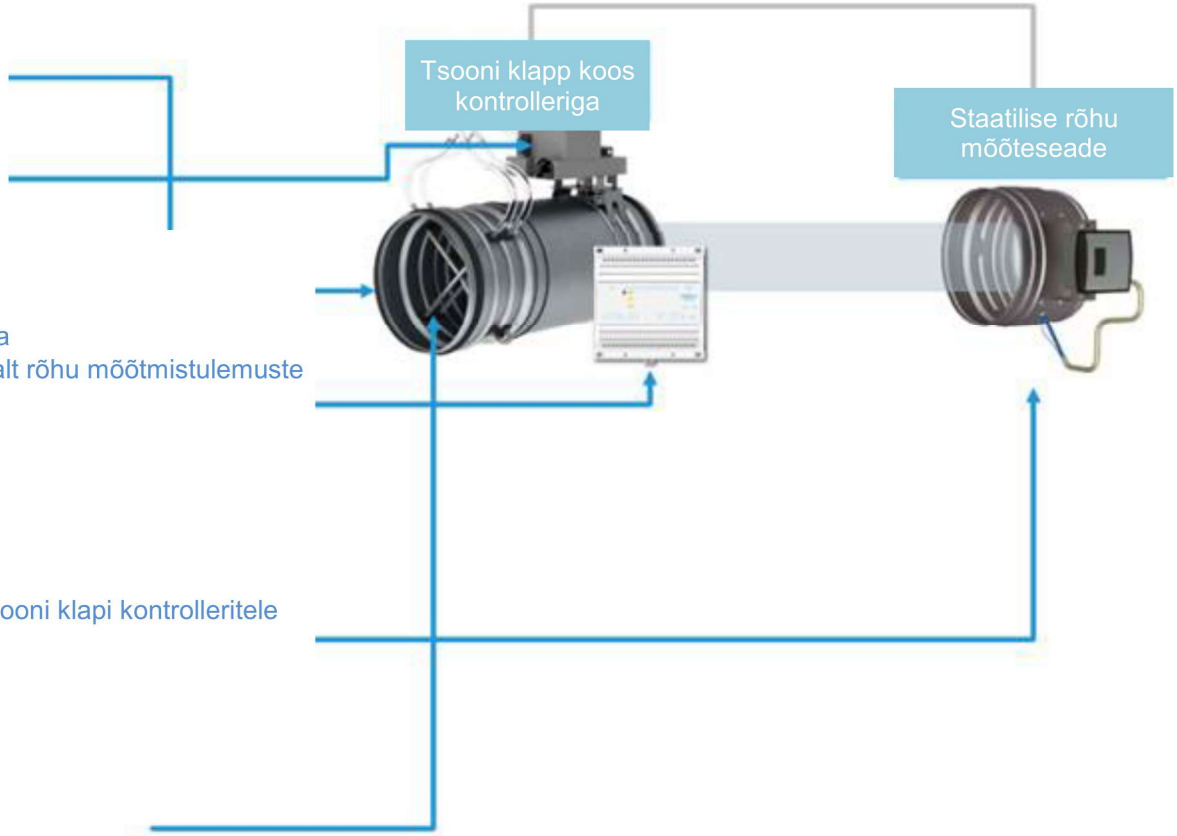
Sissepuhke- ja väljatõmbeõhu püsirõhu juhtseadmed

Konstantse rõhuga tsooni juhtklapid
- Tsooni rõhutaset kontrolliv klapp
- Täitur

Konstantse rõhuga tsooni klapi kontroller
- Võtab vastu staatilise rõhu mõõtmisväärtused sisendsignaalina
- Saadab juhtsignaalid täiturile klapi asendi muutmiseks vastavalt rõhu mõõtmistulemuste kõrvalekaldele seadeväärtusest (PI-juhtimine)

Staatilise rõhu mõõteseade
- Saadab staatilise rõhu mõõtmissignaalid konstantse rõhuga tsooni klapi kontrolleritele

Õhuvoolu mõõtmine
- Valikuline näit, pole süsteemi tööks vajalik



Püsirõhuga õhutorustiku projekteerimisjuhised

1. **Reguleerige rõhku** tala rühma kaupa:
    - Püsirõhk sissepuhke jaoks
        - seadeväärtus = tala õhujaotuskasti rõhk + ~ 10 Pa
    - Vajaduse korral muutuva õhuvoolu reguleerimine väljatõmbe jaoks
        - Sisselase = haldur / väljatõmme = link

2. Hoidke **kanali läbimõõt peaharus konstantsena** (hoidke staatilist rõhku)

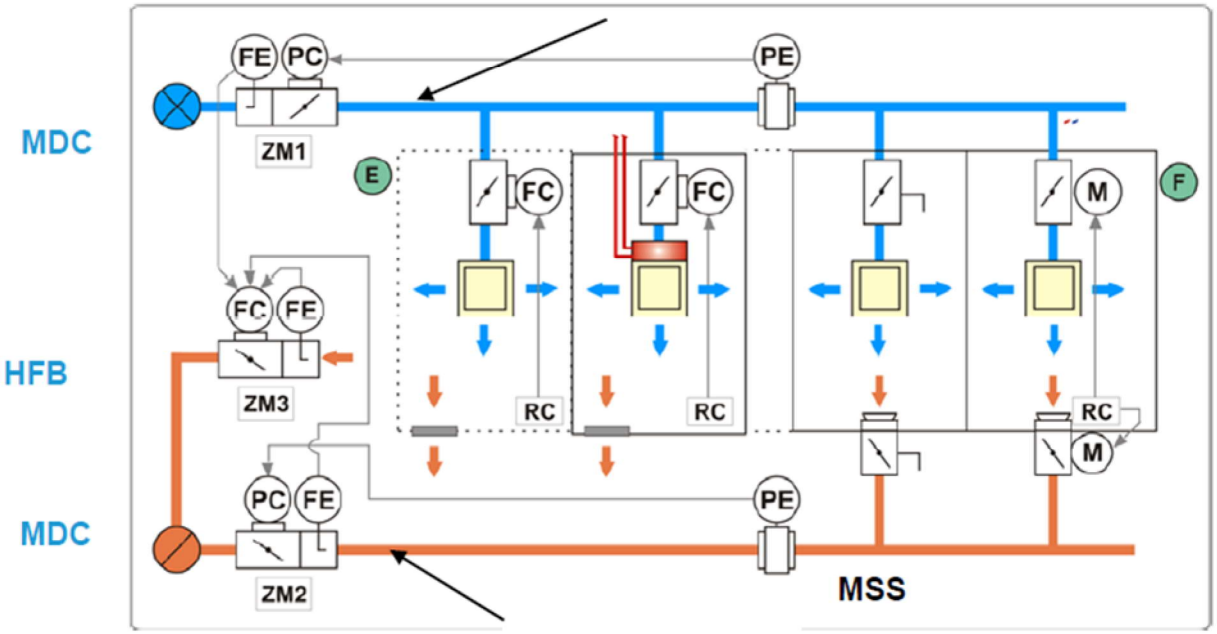
3 Maksimaalne lubatud õhu kiirus kanalis on **4 m/s**
    - Arvutatud maksimaalse õhuvoolu jaoks, kui Haltoni õhukvaliteediseade (HAQ) on täielikult avatud

4. Tavalisel asub ühes õhutorustiku tsoonis **10–20 jahutustala**
    - Põhineb pika haruga õhutorustikul, pikkusega 25 m
    - Rõhukadu 1 Pa/m (kanali õhukiirus <4 m/s)

5. Pidage kinni **ohutuskaugustest**

Tsooni projekteerimise kriteeriumid

Max 4 m/s



Max 4 m/s

Tsooni suurus ja kanali suuruse määramine
- Tsooni alguses on soovitatav maksimaalne õhu kiirus 4 m/s
- Sama kanali suurus

Rõhu mõõtmised
- Sisselaskes - tsooni keskel
- Väljatõmbes - tsooni kaugemas otsas

Konstantse rõhu klapp
- Õhu kiirus klapis > 1 ... 1,5 m/s

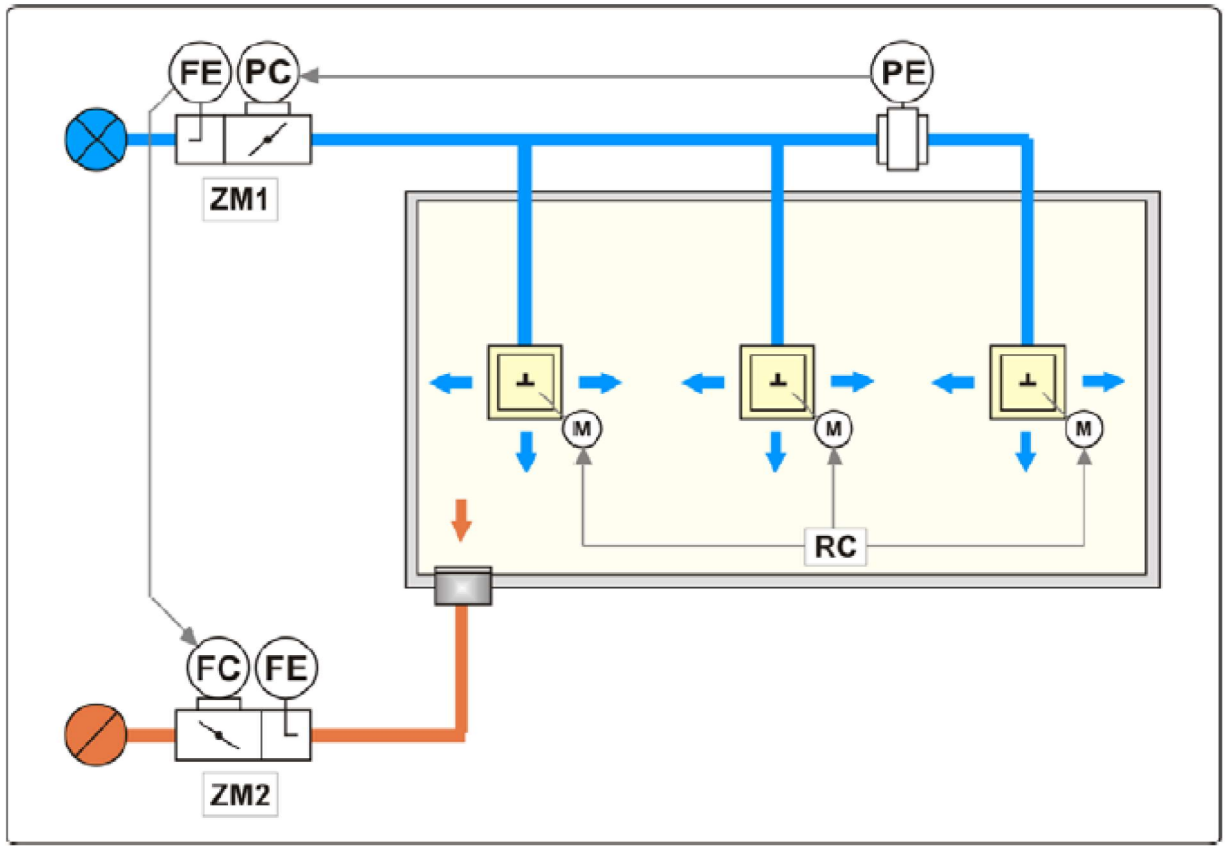
Tsooni rõhu seadeväärtus on järgneva summa

\+ Jahutustala kõrgeim KOGUrõhu tase (tavaliselt koosolekuruum)
- Ilma vooluhulga juhtklapi rõhukaota
- MSM eemaldatud või PRA/PTS seatud avatud asendisse + Ruumi kanali haru rõhukadu (tavaliselt 10–15 Pa)

Kanalitoru konstruktsioon ja ventilaatori rõhu seadeväärtus
- Konstruktsiooni rõhulang 40–80 Pa konstantse rõhu klapi (MDC) kohal

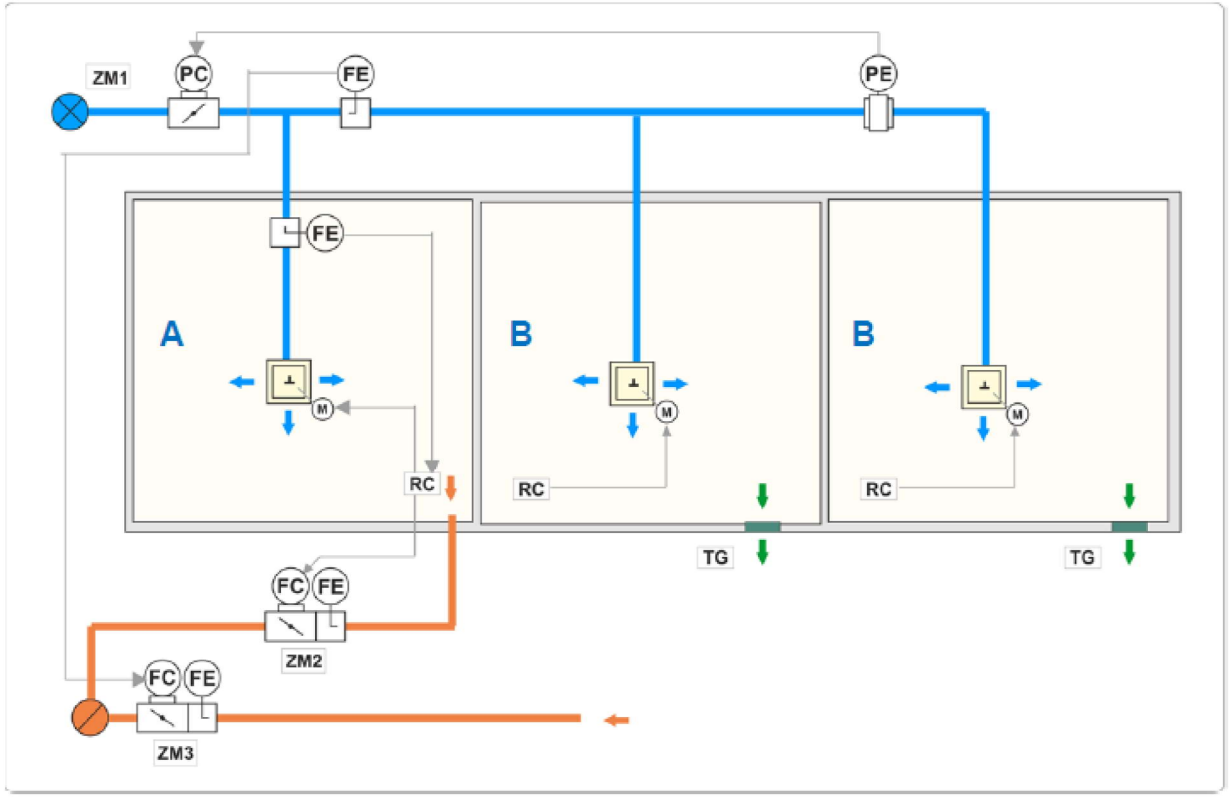
Tööskeem; ruumi väljatõmbe jälgimine, ruumi sissepuhkesüsteem 1

- Aktiivsed lakke paigaldatavad õhujaotajad, mida juhitakse ruumi kontrolleriga (VHB/VHD ja VRI)
- Sissepuhkeseadmed 2...8 tk
- Püsirõhuga õhutorustiku sissepuhkesüsteemis (HFS + MSS)
- Kanaliseeritud väljatõmme, väljatõmbe jälgimine, kogu sissepuhke õhuvooluhulk (HFB)
- Sissepuhkeõhu vooluhulga mõõtmise signaali kasutatakse väljatõmbeõhu juhtsignaalina



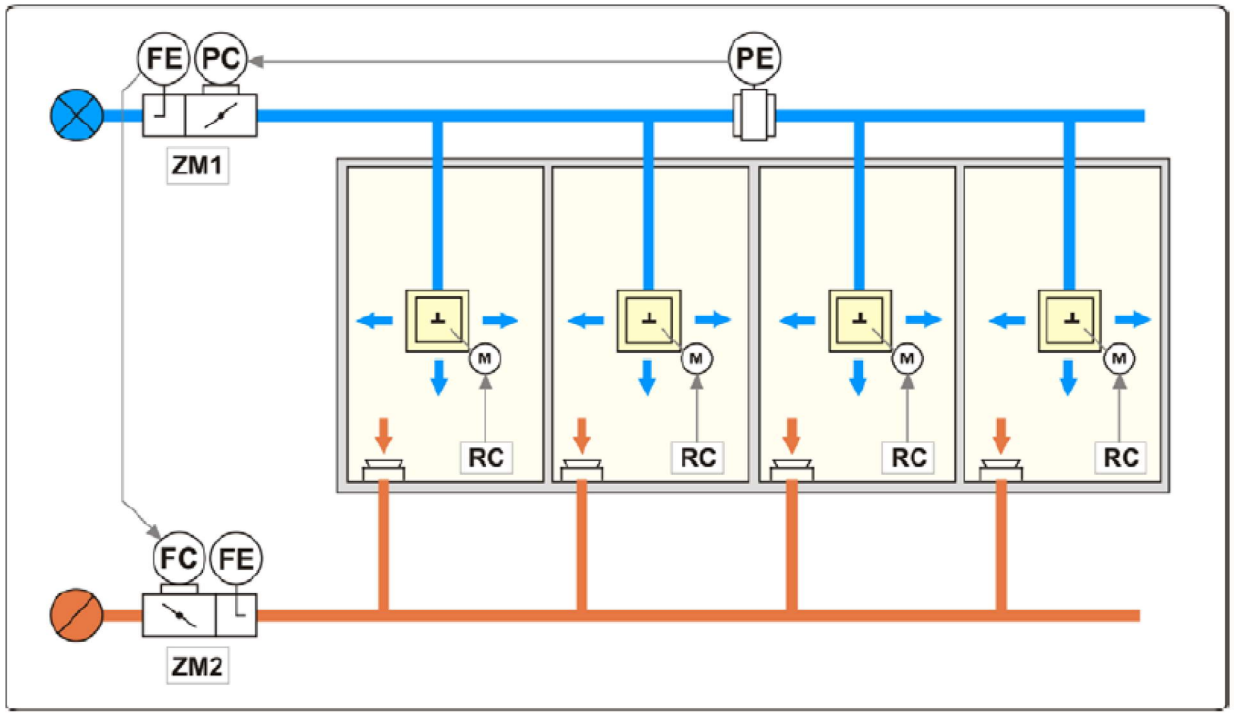
Tööskeem; tsooni väljatõmbe jälgimine, tsooni sissepuhkesüsteem 2

- Aktiivsed lakke paigaldatavad õhujaotajad, mida juhitakse ruumi kontrolleriga (VHB / VHD)
- Sissepuhkeõhu vooluhulk 10...50 l/s (d 160)
- Püsirõhuga õhutorustiku tsoon sissepuhkesüsteemis (HFS + MSS)
- Ruumi väljatõmbeventilatsioon, ruum A
- Tsooni koguväljatõmbe jälgimine, kogu sissepuhke õhuvooluhulk (HFB), ruum B

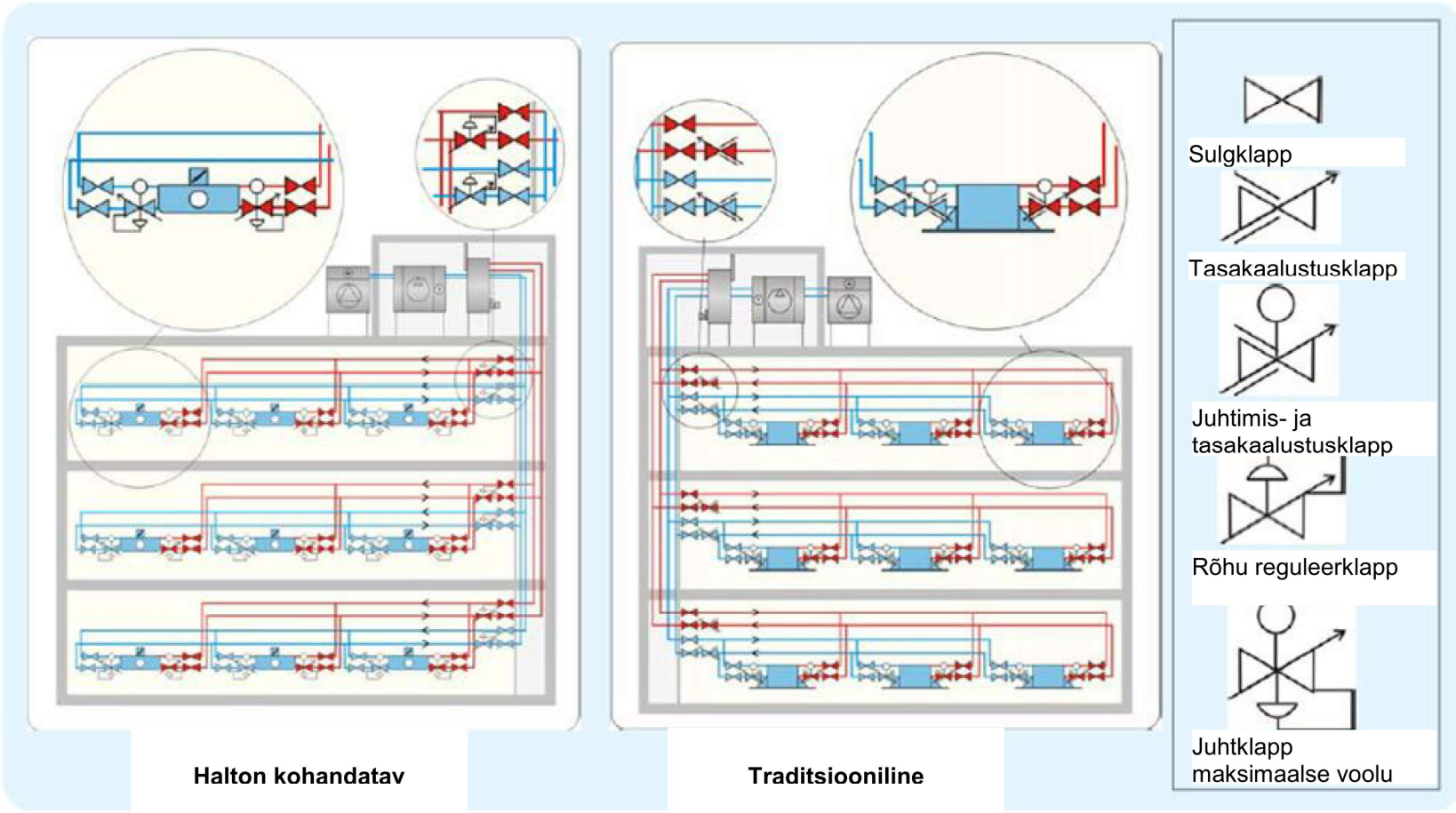


Tööskeem; tsooni väljatõmbe jälgimine, tsooni sissepuhkesüsteem 2

- Aktiivsed lakke paigaldatavad õhujaotajad, mida juhitakse ruumi kontrolleriga (VHB / VHD)
- Sissepuhkeõhu vooluhulk 10...50 l/s (d 160)
- Püsirõhuga õhutorustiku tsoon sissepuhkesüsteemis (HFS + MSS)
- Kanaliseeritud väljatõmme, tsooni koguväljatõmbe jälgimine, kogu sissepuhke õhuvooluhulk (HFB)



Veevoolu reguleerimine ja juhtimine



Kahesuunalised klapid pumpamiskulude minimeerimiseks Kiiruse regulaatoriga varustatud pumbad.
Juhtklapid max. voolu piirajaga, et vältida tasakaalustamist muutuste ajal Heaolu võimaldamine Muutuva õhuvooluhulgaga süsteemid

Kombineeritud klapp maksimaalse voolu piiraja ja juhtseadega

- Kahefunktsiooniline
- Automaatne õhuvoolu piiramise klapp
- Juhtklapp, kui see on varustatud täituriga
- Kasutajasõbralik ja usaldusväärne
- Hooldusvaba

- Väiksemad kulud
- Lihtne seadistamine
- Täielik kontroll
- Kaks ühes
- Kompaktne disain



Danfoss AB-QM

VÄIKSEMAD KULUD
Ostke ja paigaldage ainult üks klapp.
Puudu manuaalne kasutuselevõtt.
Hoolduskulud on minimaalsed.

LIHTNE SEADISTAMINE
Kasutajasõbralik skaala
Tööriistu pole vaja
Seadistage ja unustage.
Sisseehitatud väljalülitusfunktsioon

TÄIELIK KONTROLL
Rõhust sõltumatu tsoon
Kõrge tunnustatus
Teised tegurid ei saa voolu mõjutada
Kasutage väikese sulgemisjõuga väikseid täitureid

KOMPAKTNE DISAIN
Võite paigaldada klapi
piiratud ruumiga kohta
Muutuva õhuvooluhulgaga
süsteemid

KAKS ÜHES
Nii juhtimine kui voolu tasakaalustamine ühes klapis

Tootevalik

Õhuvoolu juhtimine
Jahutus- ja küttevõimsuse reguleerimine
Õhujaotus



Halton

Õhuvoolu juhtimise tooted



Halton MOC



Halton UKV



Halton MSS



Halton MDC



Halton MDR



Halton MSR

Tsoonide klappide ja rõhu mõõtmisseadete näited



Halton MDC
q_v = 0,6... 5 m/s
D = 200…500 mm

Halton MDR
q_v = 0,6... 5 m/s
W = 200…800 mm
H = 200…400 mm



Klapi rõhukadukiirusel
5 m/s = 30...40 Pa



Halton MSR
W = 200…800
H = 200…400

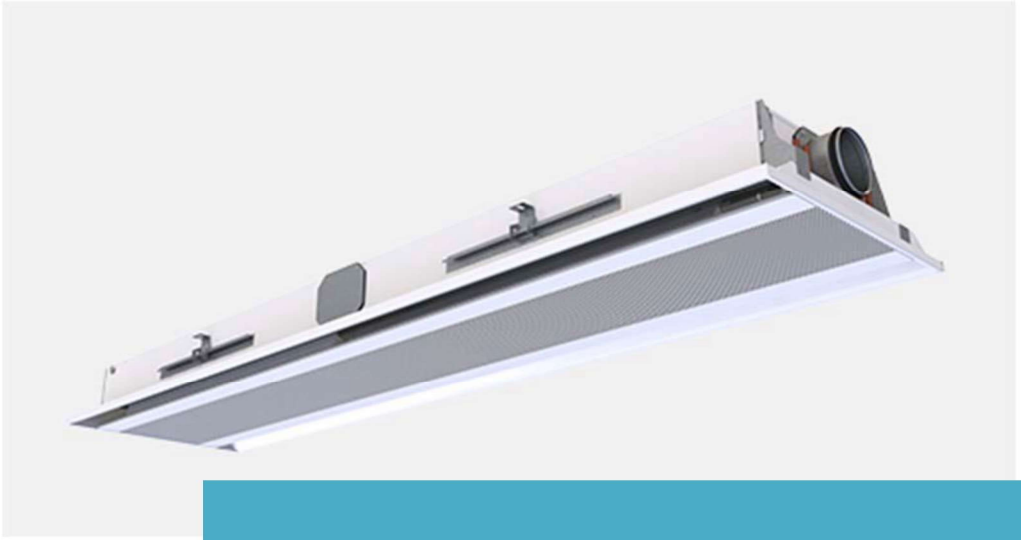


Halton MSS
D = 200…500 mm

Halton Rex 600 (RE6) jahutustala

Muutuva õhuvooluga jahutustala:

- Kombineeritud jahutus-, kütte- ja sissepuhkeõhuseade ripplaele paigaldamiseks.
- Sobib nõudlikesse kontoritingimustesse.
- Mõeldud vajadustepõhiseks ventilatsiooniks ja VAV-lahenduseks koos püsirõhulise õhutorustikuga.
- Ideaalne lahendus rakenduste jaoks, kus hinnatakse kvaliteetset sisekliimat, vajaduspõhist ventilatsiooni ja individuaalset ruumiventilatsiooni juhtimist.
- Reguleeritavat sissepuhkeõhu vooluhulka muudetakse Haltoni Õhukvaliteediseadmega (HAQ) klapiga.
- Haltoni voolukiiruse juhtseadmega (HVC) individuaalselt reguleeritavad voolukiiruse tingimused.



Kohandatud lahendused

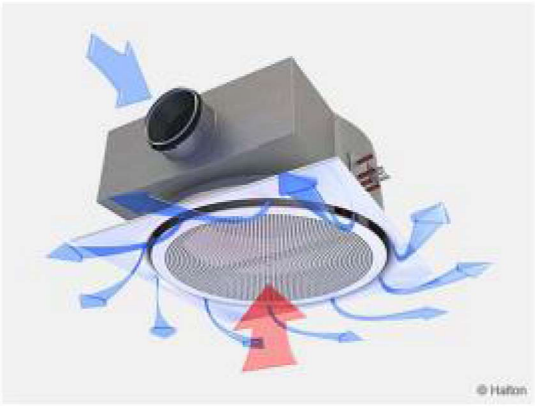
- Teatud Halton õhk-õhk tooteid saab hõlpsasti kohandada projektipõhistele vajadustele. Tooted saab varustada aktiivsete sissepuhkeõhu juhtimisseadmetega vastavalt nõudmisele.

Pöördõhuga mugavusseade Halton CSW

Muutuva õhuvooluga jahutustala:

- Kombineeritud jahutus-, kütte- ja sissepuhkeõhuseade ripplaele paigaldamiseks.
- Sobib nõudlikesse kontoritingimustesse.
- Mõeldud vajadustepõhiseks ventilatsiooniks ja VAV-lahenduseks koos püsirõhulise õhutorustikuga.
- Ideaalne lahendus rakenduste jaoks, kus hinnatakse kvaliteetset sisekliimat, vajaduspõhist ventilatsiooni ja individuaalset ruumiventilatsiooni juhtimist.
- Õhuvooluhulka saab laias vahemikus reguleerida düüside avamise või sulgemisega.
- Õhujaotuse muster on radiaalselt 360°.



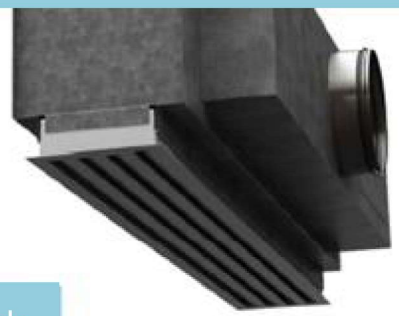


Õhk-õhk tooted

Halton Jaz kooniline sissepuhkeseade VAV (JDS)



Halton Jaz lineaarne sissepuhke- / väljatõmbesüsteem VAV (JLS)



Halton Jaz perforeeritud väljatõmbeseade VAV (JDE)



Kohandatud lahendused

- Teatud Halton õhk-õhk tooted saab varustada aktiivsete sissepuhkeõhu juhtimisseadmetega vastavalt vajadusele.

Halton Jaz kooniline sissepuhkeseade VAV





Halton VHD

Jaz kooniline sissepuhkeõhu jaotaja (JDS)

Aktiivne sissepuhkeõhu jaotaja muutuva õhuvooluga (VAV).

- Integreeritud õhuvoolu ja sissepuhkeõhu jaotaja juhtseade
    - Seade hoiab sissepuhkeõhu konstantset kiirust minimaalse ja maksimaalse õhuvoolu kiiruse vahel (10...100%)
- Mugavustingimused on tagatud kõikide õhuvooluhulkade juures, et vältida tuuletõmbe ohtu.
- Aktiivsed sissepuhke- ja väljatõmbetegevused motoriseeritud klapi abil
- Sobib nõudlikesse kontoritingimustesse.
- Mõeldud püsirõhulise õhutorustikuga süsteemidele
- Integreeritud tasakaalustuskast mõõte- ja reguleerfunktsioonidega



Õhk-vesi toodetega ruumid



Nantexi büroohoone
Prantsusmaal, mis on varustatud Halton Vario ja õhk-vesi toodetega.

Õhk-õhk toodetega ruumid



Nantexi büroohoone
Prantsusmaal, mis on varustatud Halton Vario ja õhk-õhk toodetega.

Õhuvoolu juhtimisega seotud baasteadmised ja terminid

- Vooludünaamika



Õhuvoolu juhtimisega seotud terminid

Staatiline rõhk
Staatilist rõhku võib kirjeldada õhupalliefektina. See näitab ventilatsioonikanali kalduvust lõhkeda või kokku variseda. Staatilist rõhku põhjustaval jõul puudub konkreetne suund, kuid see avaldab mõju igas suunas.
Kanali staatilist rõhku mõõdetakse voolu suuna suhtes täisnurga all.

Dünaamiline rõhk
Dünaamiline rõhk tekib voolu kineetilise energia tulemusena. Seda nimetatakse ka kiirusrõhuks, kuna see sõltub lisaks õhu tihedusest ka õhu kiirusest. See avaldab mõju ainult voolu liikumise suunas.

$p_d = 1/2*p*v^2$

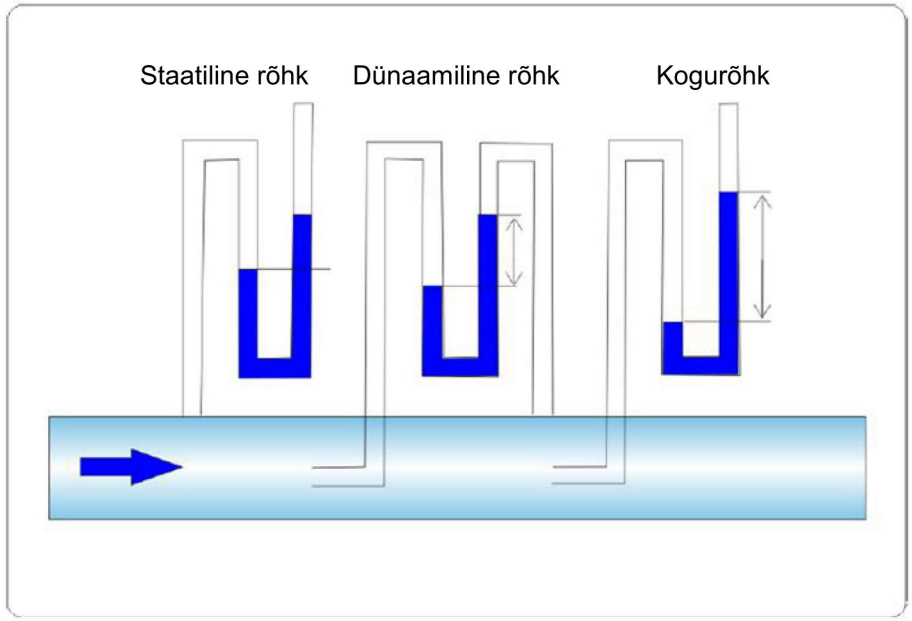
kus

p_d	dünaamiline (kiirus)rõhk, Pa
v	kanali keskmine kiirus, m/sv = qv * 10^{-3}/A
q_v	õhuvooluhulk, l/s
A	kanali ristlõikepindala, m^2

Kogurõhk
Kogurõhk on staatilise rõhu ja kiirusrõhu summa.

$p_t = p_d + p_s = p_s + 1/2*p*v^2$ (5)

p_t kogurõhk, Pa
p_d dünaamiline rõhk, Pa
p_s staatiline rõhk, Pa



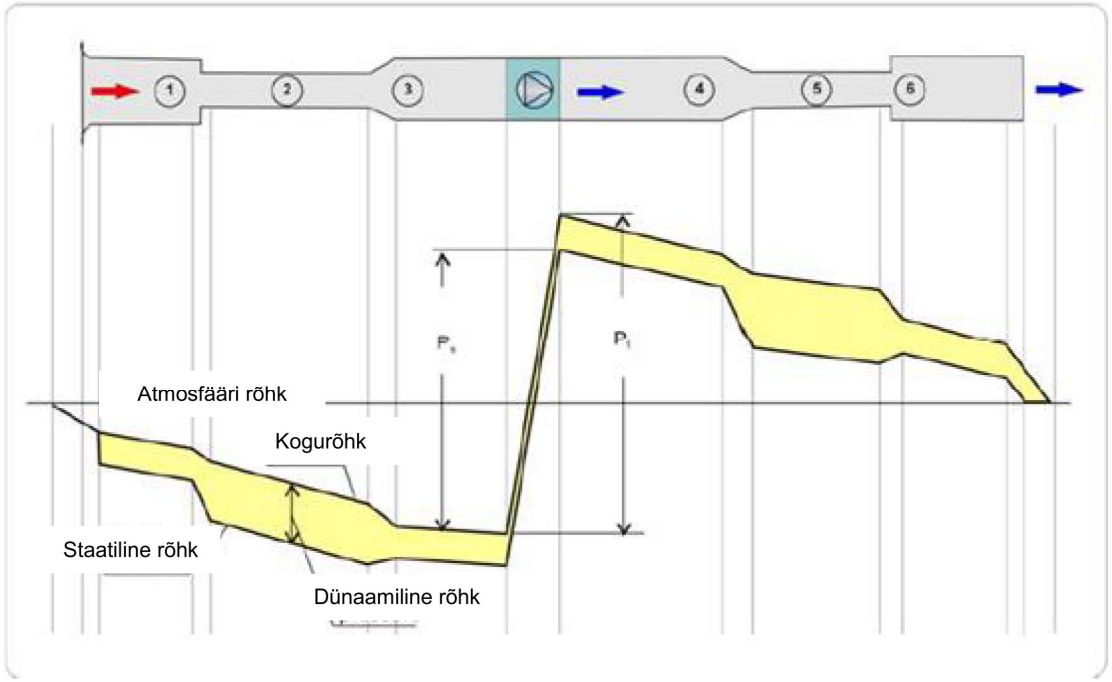
Õhutorustiku rõhutingimused

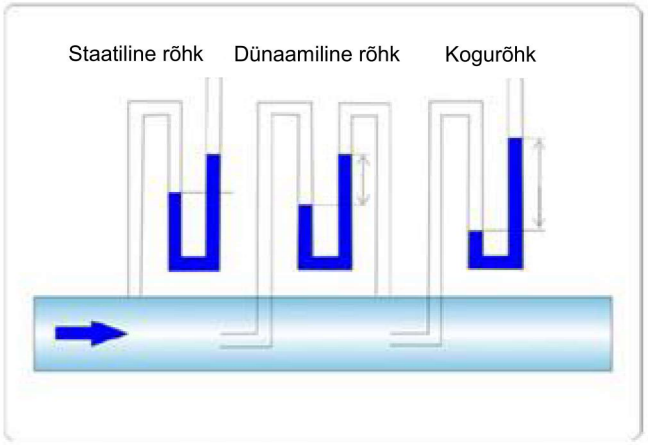
Kogurõhk = staatiline rõhk + dünaamiline rõhk ($\Delta p_t = \Delta p_s + \Delta p_{dyn}$)

Kui dünaamiline rõhk suureneb tänu suuremale kiirusele kanalis, siis staatiline rõhk väheneb ja vastupidi.

Rõhu muutused püsiva õhuvooluhulgaga õhutorustikus, mis on tingitud järgnevast

- hõõrdekaod (sirges kanalis) kanali õhu kiiruse suhtes astmes 2 ($k * v^2$)
- dünaamilised (paigaldamise) kaod (kanaliosad jne) kanali õhu kiiruse suhtes astmes 2 ($k * v^2$)
- ventilaatori rõhutõus





Õhuvoolu juhtimisega seotud terminid

Hõõrdekaod ja dünaamilised rõhukaod

Hõõrdekaod tähistavad rõhu osa, mille õhuvool kaotab kanalis liikudes. Hõõrdekadu mõjutavad:

- voolutingimused nagu kiirus ja turbulentsi intensiivsus
- kanali pinna karedus
- kanali hüdrauliline läbimõõt
- kanali pikkus

Hõõrdekao hindamiseks saab kasutada Darcy ja Colebrooki võrrandit (6)

$$\Delta p_f = (1000 * f * L / D_h) * \% * p * v^2 \qquad (6)$$

kus

Δp_f	hõõrdekaod kogurõhu järgi, Pa
f	hõõrdetegur, dimensioonita
L	kanali pikkus, m
D_h	hüdrauliline läbimõõt, mm ristkülikukujuliste kanalite korral Dh = 2 xwxh / (w + h)
v	kiirus, m/s
lk	tihedus, kg/m3

Dünaamilised kaod tulenevad vooluhäiretest, mille põhjustavad kanalisse paigaldatud komponendid ja liitmikud, mis muudavad õhuvoolu teekonna ja/või ala suunda. Sellised liitmikud on näiteks kanalite sisse- ja väljapääsud, põlved, üleminekud ja T-harud. Liitmike takistus esitatud koos lokaalsete kaoteguritega

$$\Delta p_d = k * 1/2 * p * v^2 \qquad (7)$$

kus

Δp_d	dünaamiline (kiirus)rõhk, Pa
v	keskmine kiirus, m/s
k	lokaalne rõhukao tegur

Õhuvoolu juhtimisega seotud terminid

Staatilise taastamise meetod

Staatilise tagasivoolu meetodit saab kasutada sissepuhkekanalite suuruse määramiseks.

See põhineb asjaolul, et kui kiirused vähenevad, näiteks erineva voolu korral T-harus, toimub dünaamilise rõhu muutumine staatiliseks rõhuks.

Järelikult vastab sama läbimõõduga kanalites staatilise rõhu suurenemine igas harus hõõrdekaole järgnevas kanaliosas.
See meetod on otstarbekas pikkade kanalisüsteemide projekteerimisel, nt mitme materjalikomplektiga büroohoone koridoris, nii et iga haru, väljalaskeava või lõppelemendi sissepääsu juures oleks sama staatiline rõhk.

Võrdse hõõrdumise meetod

Võrdse hõõrdumise meetodi abil kasutatakse kanali algusest lõpuni sama rõhulanget meetri kohta.
Tavaliselt kasutatakse seda väljalasketorustiku suuruse määramisel.

Õhuvoolu juhtimisega seotud terminid

Kanalivoolu teooria, Bernoulli võrrand

Bernoulli võrrandit, mis on algselt välja töötatud vedeliku hõõrdevaba voolu jaoks, saab kasutada kanalivoolu jõudude iseloomustamiseks, laiendades võrrandit rõhukao koefitsiendiga (1).

Kui tiheduse erinevusi ja raskusjõu mõjusid võib tavaliselt eirata, taandub võrrand konstantse kiirusega kanali ristlõike võrrandiks (2).

$1/2 * p_1 * v_1^2 + p_1 + p_1 * g * h_1 = 1/2 * p_1 * V_2^2 + p_2 + p_2 * g * h_2 + \Delta p_{t1-2}$ (1)

kus
v kanali voolukiirus, m/s
p absoluutne rõhk, Pa
P õhutihedus, kg/m^3
h kõrgus, m (tavaliselt võib tähelepanuta jätta)
g gravitatsioonist tulenev kiirendus, m/s^2
Δp_{t1-2} kogu rõhulang hõõrdumiskadude ja dünaamiliste kadude tõttu sektsioonide 1 ja 2 vahel, Pa Ap t, i-2 = + (p2 - pi) + / * P2 * V2 (2)

$\Delta p_{t1-2} = + (p_2 - p_1) + ½ * p_2 * v^2$

Kõik küsimused Haltoni VAV lahenduse
ja ka muude lahenduste koha saate alati suunata:

Reino Altrov
5164417
Reino.altrov@onninen.com
Onninen AS

Tänan!